



RAPPORT

Onderzoek naar eisen voor het binnenklimaat in de langdurige zorg

april 2023

Auteurs:

Prof.dr.ir. A.C. (Atze) Boerstra, TU Delft

Ir. S.P.M. (Stefan) van Heumen, TNO

Dr.ir. E.R.C.M. (Emelieke) Huisman, Hogeschool Utrecht

Dr.ir. K. (Karin) Kompatscher, TNO

Prof.dr. H.S.M. (Helianthe) Kort, TU Eindhoven

Ir. Janneke de Kort, BBA Binnenmilieu BV

Dr.ir. Marije te Kulve, BBA Binnenmilieu BV

Dr. Ir. M.G.L.C. (Marcel) Loomans, TU Eindhoven

Dr.ing. A.A.L. (Roberto) Traversari, TNO

Inhoud

1	Inleiding	3
2	Methode literatuuronderzoek	5
2.1	Referenties methode	7
3	Resultaten binnenluchtkwaliteit	8
3.1	Overzicht parameters luchtkwaliteit in geïncludeerde studies in relatie tot gezondheidsuitkomsten	8
3.1.1	Fijnstof (PM ₁₀ , PM _{2.5} , PM ₁)	10
3.1.2	Chemische stoffen: TVOC, VOCs, formaldehyde, ozon en NO ₂	12
3.1.3	Micro-organismen.....	14
3.1.4	Overige bevindingen luchtkwaliteit.....	15
3.2	Conclusie luchtkwaliteit	17
3.3	Discussie luchtkwaliteit.....	17
3.4	Referenties luchtkwaliteit	21
4	Resultaten thermisch binnenklimaat	24
4.1	Inleiding	24
4.2	Thermische sensatie en comfort	26
4.2.1	Invloed buitenklimaat en seizoen	30
4.2.2	Verschillen bewoners en zorgpersoneel	31
4.2.3	Effect van verschillende factoren op thermische sensatie.....	33
4.2.4	Overwegingen in relatie tot bepaling temperatuurgrenswaarden	34
4.2.5	Conclusie thermische sensatie en comfort	36
4.3	Adaptief gedrag	36
4.3.1	Kledingisolatiewaarde (clo).....	36
4.3.2	Andere strategieën voor thermische adaptatie	37
4.3.3	Conclusie adaptief gedrag.....	37
4.4	Overige kwalitatieve aspecten	40
4.4.1	Verouderingsproces en thermoregulatie	40
4.4.2	Invloed chronische aandoeningen, fysieke beperkingen en verstandelijke beperkingen	42
4.4.3	Invloed gebruik verdovende middelen en medicijnen.....	43
4.4.4	Effect temperatuur op taakprestaties personeel	43
4.4.5	Technische oplossingsrichtingen versus beoogde prestatie-eisen	44
4.4.6	Conclusie overige kwalitatieve aspecten	45
4.5	Conclusie thermisch binnenklimaat.....	45
4.6	Discussie thermisch binnenklimaat	46
4.7	Referenties thermische sensatie en comfort	49
5	Normen en richtlijnen	52
5.1	Conclusie normen en richtlijnen	55
5.2	Discussie normen en richtlijnen.....	56
5.3	Referenties normen en richtlijnen	56
6	Algehele conclusie: voorstel aanvullende kwaliteitseisen	57
	Bijlage 1. Zoektermen voor literatuurstudies	60
	Bijlage 2. Beoordelingsmatrix	62
	Bijlage 3. Verzamelde informatie uit geïncludeerde studies (voor zover relevant en mogelijk)	63
	Bijlage 4. Klankbordgroep	64

1 Inleiding

In de context van zorghuisvesting voor langdurige zorg wordt verondersteld dat, vanwege de specifieke doelgroep (kwetsbare mensen) die hierin gehuisvest is, aanvullende eisen voor luchtkwaliteit en het thermische binnenklimaat wenselijk zijn ten opzichte van de eisen voor de gemiddelde gezonde (jong) volwassene (Bouwbesluit 2012). Bij bijvoorbeeld cliënten in de ouderenzorg, dat wil zeggen in de Verpleging en Verzorging-sector, is vanwege de leeftijd sprake van ernstig functieverlies dan wel mentale achteruitgang. Ouderen met een Zorgprofiel¹ indicatie van 5 VV of hoger zijn de norm, hoewel op sommige plekken ook mensen met een Zorgprofiel 4 VV nog gehuisvest worden [1]. Echter, in hoeverre dit vraagt om specifieke eisen ten aanzien van het binnenklimaat is onduidelijk en, indien dit het geval is, welke condities dan de voorkeur zouden hebben is eveneens niet bekend

Om hier antwoord op te vinden is onderzoek nodig dat in dit rapport is beschreven. Het onderzoek betreft een deskstudie waarbij de literatuur is onderzocht om antwoord te kunnen geven op de volgende twee vragen:

1. Is er een noodzaak om voor huisvesting voor de langdurige zorg andere eisen te stellen aan het binnenklimaat? Moet hierbij een onderscheid gemaakt worden naar de cliënt en het personeel (vrijwillig dan wel betaald), en eventueel het bezoek?
2. Indien een bevestigend antwoord op vraag 1 wordt gegeven, welke waarden voor het thermische binnenklimaat en voor de luchtkwaliteit worden in de literatuur genoemd in dat geval?

Voordat de gedetailleerde aanpak van het onderzoek verder wordt beschreven, wordt eerst de context nog wat verder geduid. In langdurige zorgvoorzieningen zoals verpleeghuizen zijn er meer diverse typen vertrekken dan de appartementen of zit-/slaapkamers van de bewoners en de gezamenlijke woonruimtes. Vaak is er op de begane grond een brasserie/restaurant aanwezig waar familie en bewoners elkaar kunnen treffen, maar waar eveneens buurtgenoten terecht kunnen voor bijvoorbeeld een kopje koffie. Een dergelijke voorziening staat soms apart of er is een gecombineerde ruimte die ook een verkeersruimte is naar andere vertrekken. Andere vertrekken zijn bijvoorbeeld ruimten voor paramedische behandeling (zoals fysiotherapie), kantoor- en vergader ruimten, kinderopvang, logistieke ruimten en vanzelfsprekend de receptie. We spreken in dat geval van een sociaal model bij het ontwerp van gebouwen voor de huisvesting van langdurige zorg. Dit in tegenstelling tot het medische model, dat meer de nadruk legt op de vereisten vanuit een medisch perspectief wanneer het gaat om het ontwerp van dergelijke gebouwen. Daarnaast zijn er ook nog de zelfstandige woonvormen waarbij cliënten onder begeleiding “zelfstandig” wonen. Het gaat dan voor de verpleging en verzorging (V&V) sector om een indicatie lager dan Zorgprofiel 5 VV, het zogenaamde Beschut wonen.

In dit rapport is vanuit een pragmatisch oogpunt de nadruk gelegd op de appartementen en de zit-/slaapkamers van de bewoners en de gezamenlijke woonruimtes. De variatie aan typen ruimten is groot wanneer ook het sociale aspect in acht wordt genomen. Er mag verwacht worden dat de gestelde eisen aan het binnenklimaat voor appartementen, zit-/slaapkamers en gezamenlijke woonruimtes een goede basis vormen voor richtlijnen voor andere ruimtes.

¹ Bijlage A. bij artikel 2.1 van de Regeling langdurige zorg (<https://wetten.overheid.nl/BWBR0036014/2022-07-01/0#BijlageA>)

Naast de variatie in ruimtes kent de langdurige zorg ook een grote variatie in doelgroepen die gebruik maken van dergelijke huisvesting. De langdurige zorg betreft mensen die een zorgprofiel hebben waarvoor de zorg bekostigd wordt op grond van de Wlz (zie Kader).

De grootste deelsector binnen de langdurige zorg is de verpleeghuiszorg (V&V). Daarnaast zijn er zorgcomplexen met ouderen en/of (kwetsbare) cliënten binnen de gehandicaptenzorg (GHZ) en

geestelijke gezondheidszorg (GGZ). In de laatste twee sectoren is een deel van de populatie nog relatief jong in vergelijking tot de V&V sector en nog relatief mobiel en/of zelfredzaam. De kwetsbaarheid van deze cliënten is veelal van een andere aard, bijvoorbeeld voor de groep licht verstandelijk beperkten (18 tot 23 jaar) met gedragsproblematiek. Een ander deel van de populatie in de GHZ en GGZ is wel vergelijkbaar met de verpleeghuiszorg, wat betreft leeftijd, mobiliteit, zelfredzaamheid en kwetsbaarheid en kan als doelgroep geïncorporeerd worden. Het onderzoek zoals hier beschreven is in eerste instantie gericht op de intramurale ouderenzorg. De zwaardere zorgprofielen in de GHZ en GGZ hebben hierin in principe ook een plek, maar verondersteld wordt dat de beschikbare literatuur hiervoor zeer beperkt zal zijn wanneer hier specifiek op wordt ingestoken. Voor ouderen als algemene doelgroep wordt verwacht meer informatie gevonden te worden.

De intentie van het onderzoek is om uiteindelijk tot richtlijnen te komen voor het binnenklimaat (thermisch en luchtkwaliteit) in de intramurale langdurige zorg. Deze richtlijnen zouden een vergelijkbare vorm kunnen krijgen als de bekende Programma's van Eisen Gezonde Kantoren [2], Frisse Scholen [3] en Gezonde Woningen [4]. Maar voor daarop uit te komen is het de vraag of er voldoende wetenschappelijke kennis is om onderbouwing te kunnen geven aan dergelijke eisen. Als aanvulling hierop wordt daarnaast ook gezocht naar voor de context van langdurige zorg van toepassing zijnde (nationale) normen en richtlijnen. Met deze aanvulling wordt verondersteld een volledig beeld te worden gegeven van de stand van zaken omtrent kennis over het binnenklimaat voor de langdurige zorg. Hiermee kan dan meer onderbouwd gekomen worden tot richtlijnen (een programma van eisen) voor de intramurale langdurige zorg.

Dit literatuuronderzoek heeft plaatsgevonden in opdracht van het programma Expertisecentrum Verduurzaming Zorg en is mede gefinancierd door Woonzorg Nederland, Binnenklimaat Nederland en TVVL.

Voor het literatuuronderzoek naar het thermisch binnenklimaat en de luchtkwaliteit is eenzelfde methodiek gehanteerd (hoofdstuk 2). Het rapport is verder opgedeeld in drie afzonderlijke onderdelen voor wat betreft de weergave van de resultaten: de luchtkwaliteit (hoofdstuk 3), het thermisch binnenklimaat (hoofdstuk 4) en de normen en richtlijnen (hoofdstuk 5). Aan het eind van ieder van deze hoofdstukken worden in een conclusie en algemene discussie de resultaten samengevat. In hoofdstuk 6 wordt een overall conclusie van het onderzoek weergegeven en de twee hoofdonderzoeksvragen beantwoord in de vorm van een voorstel voor aanvullende kwaliteitseisen met advieswaarden.

Kader

Binnen de Wlz bestaan verschillende zorgprofielen. Deze zijn onderverdeeld in de volgende sectoren:

Sector Verpleging en verzorging (V&V)
Sector Verstandelijk gehandicapt (VG)
Sector Licht verstandelijk gehandicapt (LVG)
Sector Lichamelijk gehandicapt (LG)
Sector Zintuiglijk gehandicapt, auditief en communicatief (ZGaud)
Sector Zintuiglijk gehandicapt, visueel (ZGvis)
Sector GGZ, B-groep (GGZ-B)
Sector GGZ Wonen
Bron: Zorgprofielen - CIZ

2 Methode literatuuronderzoek

Om inzicht te krijgen in de richtlijnen die ingezet kunnen worden voor de beheersing van het binnenklimaat (thermisch comfort en luchtkwaliteit) in de langdurige zorg is een scoping review uitgevoerd. In de scoping review zijn thermisch comfort en luchtkwaliteit afzonderlijk onderzocht, maar de opzet voor de review is in beide gevallen gelijk gehouden.

Bij een scoping review is het de intentie om het zoekproces zo breed mogelijk te houden. Deze methode wordt ingezet als het onderwerp van onderzoek minder eenduidig is en minder specifiek onderzocht en complex is. In dit literatuuronderzoek was het de bedoeling om de wetenschappelijke literatuur te onderzoeken op kennis ten behoeve van het ontwikkelen van richtlijnen die kunnen worden gegeven bij het ontwerpen, realiseren en beheersen van het binnenklimaat (thermisch comfort en luchtkwaliteit) in huisvesting voor de intramurale langdurige zorg. Zoals in de introductie besproken is hierbij in eerste instantie een focus geweest op zorghuisvesting voor ouderen.

De scoping review is uitgevoerd in de periode van augustus 2022 tot en met oktober 2022, met aanvullingen tot en met januari 2023. Het proces kent vijf verschillende stappen (Arksey & o'Malley, 2005):

1. identificeren onderzoeksvraag,
2. identificeren relevante studies,
3. selecteren studies,
4. thema's identificeren,
5. rapportage.

Het review proces is iteratief, waardoor er teruggegaan kan worden naar eerdere stappen bij nieuwe inzichten naar aanleiding van de opgedane kennis.

Voor het identificeren van de relevante studies is gezocht in verschillende databanken. Er zijn Engelstalige studies meegenomen tot augustus 2022. Daarna zijn aanvullingen gemaakt op basis van publicaties die tot januari 2023 nog beschikbaar zijn gekomen via notificaties. Daarnaast zijn er aanvullende relevante artikelen gevonden in de referentielijst in enkele van de geselecteerde artikelen. Er is geen ondergrens aangegeven voor het jaartal van publicatie. Scopus, Pubmed, Web of Science en Science Direct zijn gebruikt als databanken om te zoeken naar het thema richtlijnen voor het binnenklimaat in de langdurige zorg. De databanken bedienen zowel een gezondheids- als een gebouwperspectief.

Ten behoeve van het zoekproces is een uitgebreide lijst met zoektermen gedefinieerd. Deze is opgezet rondom een aantal thema's: Doelgroepen, Omgeving, Omgevingsinvloeden, Gezondheid / perceptie / werkprestatie. Voor ieder van deze thema's zijn na brainstorming en discussie binnen het projectteam zoektermen gedefinieerd. De opgenomen termen ten behoeve van de scoping review zijn samengevat in Bijlage 1. Zoektermen voor literatuurstudies.

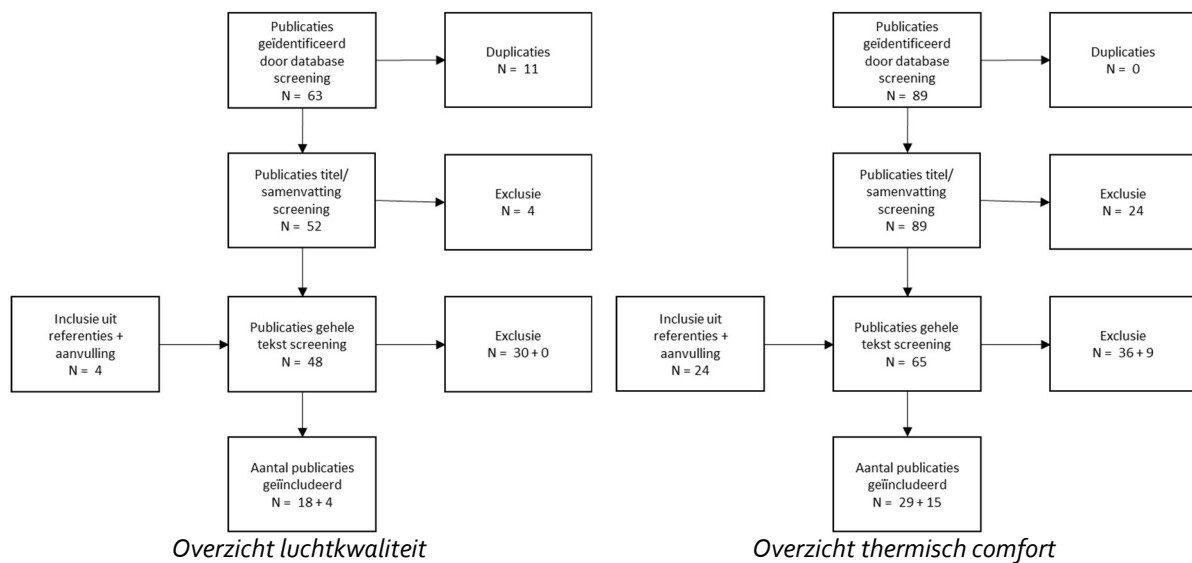
De zoekstring die vervolgens is gebruikt in de genoemde databanken is opgebouwd uit zoektermen uit de vier thema's zoals aangegeven, bijvoorbeeld Nursing homes AND thermal indoor climate AND thermal comfort, of Disabled AND thermal comfort, of Senior AND indoor air quality AND airborne diseases.

Er is gekozen voor een aanpak om eerst vanuit algemene zoektermen te vertrekken en vervolgens die specifieker te maken, mocht de zoekstring tot grote aantallen hits leiden. In de praktijk bleek dat het aantal publicaties dat is gevonden bij gebruik van de meer algemene termen voor de vier thema's al snel beperkt was, waardoor het weinig zin had om meer gedetailleerde zoektermen te gebruiken. In dat geval zou naar alle waarschijnlijkheid geen geschikte literatuur worden gevonden. Consultatie met de klankbordgroep, als onderdeel van deze studie, leverde geen noodzaak op om aanvullende literatuur te benaderen.

In de volgende stap heeft selectie van de relevante studies plaatsgevonden. De artikelen zijn beoordeeld op basis van een beoordelingsmatrix om de kwaliteit ervan te beoordelen. In de matrix wordt een waardering gegeven ten aanzien van de betrouwbaarheid, context, methode, resultaten en conclusies en beperkingen. Hiermee wordt, gegeven een weging voor de beoordelingsonderdelen, een score tussen 0 en 3 (hoogste score) bepaald voor het beoordeelde artikel.

De beoordeling is per artikel afzonderlijk bepaald door steeds twee onderzoekers. Bij een discrepantie ten aanzien van de uiteindelijke keuze voor inclusie dan wel exclusie, zijn de resultaten na afloop bediscussieerd om tot een conclusie te komen over de waarde van de publicatie ten aanzien van de beantwoording van de onderzoeksvragen en of de publicatie daarmee geïnccludeerd, dan wel geëxcludeerd moet worden. De beoordelingsmatrix zoals die is gebruikt is toegevoegd in Bijlage 2. Beoordelingsmatrix. Geconcludeerd kon worden dat de matrix, in het algemeen, tot vergelijkbare waardering door de twee beoordelaars van de individuele artikelen leidde.

In Figuur 1 is het overzicht gegeven van het screening proces van de publicaties voor respectievelijk het thermisch comfort deel en het binnenluchtkwaliteit deel zoals gevonden in de databanken.



Figuur 1. Schema's screening proces literatuur review. De aanduiding '+ x' duidt op te toevoeging van artikelen na het initiële zoekproces, door aanvullende publicaties na oktober 2022, artikelen uit referentielijsten, etc..

Binnenluchtkwaliteit

Voor de *binnenluchtkwaliteit* zijn in totaal 63 publicaties geïdentificeerd. Hiervan waren 11 publicaties dubbel. Na screening op titel en samenvatting, zijn vervolgens 4 publicaties geëxcludeerd omdat ze geen relatie hadden met de gestelde onderzoeksvragen. De geëxcludeerde publicaties richtten zich bijvoorbeeld op COVID-19 registratie en overlijden in verpleeghuizen of het waren algemene literatuurstudies over kwaliteit van het binnenklimaat, of de informatie was zeer beperkt waardoor de waarde van de informatie uit het artikel niet eenvoudig was in te schatten. De overgebleven artikelen zijn gelezen en beoordeeld door twee onderzoekers van het projectteam (beoordelaars) en bediscussieerd. In aanvulling hierop zijn nog vier artikelen toegevoegd die in het proces naar voor kwamen als mogelijk interessant. In totaal zijn op deze wijze van de 48 gelezen publicaties uiteindelijk 22 publicaties geïnccludeerd voor het onderwerp luchtkwaliteit.

De gegevens van de geïnccludeerde studies zijn vervolgens samengevat in een uitgebreide tabel waarin zoveel mogelijk belangrijke informatie uit de studies is geordend. Er zijn afzonderlijke tabellen gemaakt voor het thermisch comfort en het luchtkwaliteit vraagstuk. De opzet van de tabel is weergegeven in Bijlage 3. Verzamelde informatie uit geïnccludeerde studies (voor zover relevant en mogelijk). De ingevulde tabellen vormen de basis voor de beantwoording van de onderzoeksvragen. Zij geven een overzicht van de kennis die is gevonden in de literatuur over het betreffende onderwerp. Deze resultaten worden in de volgende hoofdstukken meer in detail besproken, per onderwerp. De ingevulde tabellen zijn als afzonderlijke documenten beschikbaar.

Thermisch comfort

Voor het *thermisch comfort* is exact hetzelfde proces gevolgd als voor de binnenluchtkwaliteit. In totaal zijn 89 publicaties geïdentificeerd. Hiervan zijn 24 publicaties na een eerste screening op basis van titel en abstract

geëxcludeerd omdat ze geen relatie hadden met de gestelde onderzoeksvragen. De geëxcludeerde publicaties richtten zich bijvoorbeeld te specifiek op ziekenhuizen, hadden een te kleine onderzoeksgroep of waren te algemeen voor de doelgroep. In totaal zijn 65 publicaties volledig gelezen en beoordeeld door twee onderzoekers.

Na beoordeling door de beoordelaars zijn er in totaal 29 publicaties geïnccludeerd voor het onderwerp thermisch comfort. 24 artikelen zijn aanvullend geselecteerd op basis van de literatuurlijsten (sneeuwbalmethode) om eventueel te gebruiken ten behoeve van achtergrondinformatie of onderbouwing. Uiteindelijk zijn 15 artikelen hiervan gebruikt ten behoeve van achtergrondinformatie.

De literatuurstudie, opzet en eerste resultaten, zijn besproken in een klankbordgroep sessie met verschillende vertegenwoordigers gerelateerd aan de langdurige zorg. Dit betreft zowel vertegenwoordigers die de bewoners/gebruikers/organisaties van woonzorginstellingen vertegenwoordigen, als vertegenwoordigers uit de installatiebranche. Een lijst met de namen van de leden van de klankbordgroep is te vinden in **Bijlage 4. Klankbordgroep**.

De concept rapportage van de studie is met dezelfde klankbordgroep in een tweede sessie besproken. Deze feedback is meegenomen in de definitieve versie van de rapportage. Richting de klankbordgroep is een apart document geschreven met een reactie op de individuele opmerkingen die zijn gemaakt en hoe die zijn meegenomen in de definitieve rapportage.

2.1 Referenties methode

Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *International journal of social research methodology*, 8(1), 19-32.

3 Resultaten binnenluchtkwaliteit

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de informatie afgeleid uit de geïncludeerde publicaties met betrekking tot de binnenluchtkwaliteit (IAQ). In het algemeen beschrijven de geïncludeerde studies het belang voor specifieke eisen voor IAQ voor kwetsbare doelgroepen. Het gaat dan om kwetsbare doelgroepen in de langdurige zorg. De doelgroepen worden niet in elke studie gespecificeerd, maar het gaat met name om ouderen in de langdurige zorg.

In totaal zijn er 22 studies geïncludeerd waarvan 17 veldstudies, 3 literatuurstudies, 1 labstudie (gecontroleerde studie) en 1 prospectief observationeel onderzoek. De geïncludeerde studies beschrijven/onderschrijven de effecten van binnenluchtverontreiniging op de luchtwegen van ouderen in het algemeen. Dit is echter minder specifiek geanalyseerd ten aanzien van ouderen, en hun specifieke condities, in de langdurige zorg. De resultaten onderstrepen het belang van een goede luchtkwaliteit voor ouderen, uitgaande van het feit dat ouderen meer kans hebben op gezondheidsproblemen, zelfs bij een beperkte mate van verontreiniging van de binnenlucht. In een studie wordt gevonden dat met name ouderen van 80 jaar gevoeliger worden voor de IAQ. In een aantal studies worden de gemeten waarden gespiegeld aan referentiewaarden zoals die terug te vinden zijn in verschillende richtlijnen, normen en standaarden, nationaal en internationaal, zoals de WHO Indoor Air Quality Guidelines [6]. Echter, in de studies die hierop ingaan worden vervolgens geen specifieke waarden gegeven die gehanteerd zouden kunnen worden voor de kwetsbare doelgroep.

In de geïncludeerde studies valt op dat er regelmatig naar twee grotere studies wordt gerefereerd. Dit zijn de 'Geriatric study in Europe on health effects of air quality in nursing homes (GERIE)' en de 'Geriatric Study in Portugal on health effects of air quality in elderly care centers (GERIA)'. De eerste studie is een studie die betrekking heeft op zeven Europese landen (geriastudy.gandi.ws) en de tweede is een vergelijkbare studie die zich echter beperkt tot enkel Portugal. Beide studies hadden als doel om de gezondheid van ouderen in de langdurige zorg te verbeteren.

De geïncludeerde studies gaan echter verder dan alleen Europa. Er zijn met name nog studies gevonden uit de Verenigde Staten, Azië (China, Taiwan, Iran) en Zuid-Amerika (Brazilië, Chili). Dit geeft aan dat het onderwerp wereldwijd aandacht heeft. Verondersteld wordt dat dit onderwerp, in tegenstelling tot het thermisch comfort, minder wordt beïnvloed door de klimatologische condities, wanneer de fysiologie als uitgangspunt wordt genomen. Echter, cultuur-klimatologische gewoontes zouden een mediërend effect hierop kunnen hebben.

Daarnaast is niet bij alle studies de leeftijd van de ouderen te achterhalen. Wel duidelijk is dat het bij ouderen gaat om mensen die niet meer actief zijn op de arbeidsmarkt. In sommige landen, zoals bijvoorbeeld in Brazilië, ligt de pensioenleeftijd meer dan ca. 10 jaar (50-55 jaar) onder de pensioenleeftijd in Nederland. Deze groep zou in Nederland niet onder de populatie van de langdurige zorg sector gerekend worden.

3.1 Overzicht parameters luchtkwaliteit in geïncludeerde studies in relatie tot gezondheidsuitkomsten

De volgende paragrafen geven een overzicht van de verschillende omgevingsparameters in relatie tot luchtkwaliteit uit de geïncludeerde publicaties. Eerst wordt in verschillende tabellen een totaaloverzicht gegeven en daarna worden de resultaten uit de publicaties bediscussieerd.

De omgevingsparameters in relatie tot luchtkwaliteit van de geïncludeerde studies worden in de volgende drie hoofdgroepen weergegeven:

- 1. Fijnstof:** PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁ (aerodynamische diameter 10, 2.5 en 1 µm);
- 2. Chemische stoffen:** NO₂ (stikstofdioxide), Formaldehyde, O₃ (ozon), vluchtige organische stoffen ([Total] Volatile Organic Compounds – [T]VOCs);
- 3. Micro-organismen:** bacteriën en schimmels.

Aanvullend zijn studies toegevoegd waarvan de resultaten minder goed aansluiten bij een van de drie hoofdgroepen. In de overzichten zijn de studies gerangschikt volgens de gemiddelde beoordelingsscore,

bepaald volgens de procedure beschreven in de methode paragraaf, met de hoogste score als eerste (bovenaan) aangegeven.

3.1.1 Fijnstof (PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_1)

Blootstelling aan fijnstof kan leiden tot effecten aan de luchtwegen. Hoe kleiner het deeltje hoe dieper het deeltje in de luchtwegen kan doordringen en hoe meer dit zich kan uiten in verschillende luchtwegaandoeningen en/of klachten. Negen studies zijn geïnccludeerd op het thema fijnstof. Deze zijn samengevat in Tabel 1. Alle negen de studies hebben als onderzoeksgroep ouderen. De studie met de hoogste score (2,6), betreft artikel nr. 23. In deze studie van Bentayeb et al. [7] wordt er gerefereerd aan de GERIE studie. Uit deze studie komt naar voren dat een hoge concentratie PM_{10} bij ouderen ademnood en hoesten kan veroorzaken en een hoge concentratie $PM_{0.1}$ kan bijdragen aan een piepende ademhaling. Daarnaast wordt in Tabel 1 gespecificeerd welke onderzoeksgroep en welke locatie is onderzocht. Voor zover beschikbaar, is aangegeven welk type fijnstof er is gemeten en of er een relatie is gevonden met gezondheidsuitkomsten.

Tabel 1. Overzicht resultaten fijnstof in relatie tot gezondheidsuitkomsten

Artikelnr.	Referentie 1 ^e auteur	Score	Onderzoeksgroep	Locatie	Type fijnstof	Relatie met gezondheidsuitkomsten	Referentiewaarden
23 [7]	Bentayeb	2,6	Ouderen > 65 jaar	Verzorgingshuis	Hoog niveau PM_{10} Hoog niveau $PM_{0.1}$	Ademnood en hoest Piepen (piepende ademhaling)	Niet hoger dan (inter-)nationale eisen
13 [9]	Belo	2,5	Ouderen (78 - 87 jaar)	Verzorgingshuis	$PM_{2.5}$	Luchtweginfectie	~40% > Portugese eis van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
49 [10]	Osman	2,3	Patiënten COPD; gemiddelde leeftijd 69 jaar	Thuisomgeving	Hoge waarden $PM_{2.5}$; $PM_{2.5}$ niveaus binnenhuis zijn significant hoger in woningen waar gerookt wordt.	Verslechterde gezondheid voor patiënten met COPD	Hoogste waarden 4x boven EPA waarde (24 uur; $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
11 [11]	Mendes	2,1	Ouderen	Verzorgingshuis voor ouderen	Hogere niveaus $PM_{2.5}$ Hogere niveaus $PM_{2.5}$ piek waarden voor PM_{10}	Longfunctie, luchtwegaandoening, zoals COPD	3x boven US EPA referentie waarde overschreden de referentie waarden
16 [12]	Mendes	2,1	Ouderen > 65 jaar	Verzorgingshuis	Piek niveaus in zomer PM_{10} ($1730 \mu\text{g}/\text{m}^3$): Mediaan concentratie voor PM_{10} in zomer $\rightarrow 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en in de winter $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	3-voudige kans op allergische rhinitis	$150 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow$ Environmental Protection Agency (2012)

35 [9]	Belo	2,0	Ouderen > 65 jaar	Verzorgingshuis	Hoog niveau PM _{2.5}	Ontsteking van de luchtwegen, beoordeeld aan de hand van de pH-waarde van de luchtwegen	Referentie wordt gemaakt naar artikelnr. 11 [11]
51 [13]	Cortes	1,7	Ouderen (72.3 ± 5.6 jaar)		Blootstelling (high exposure) PM _{2.5} mediaan 46.4 µg/m ³ ; PM ₁₀ mediaan 98.7 µg/m ³	Stijgende bloeddruk en ademhalingsproblemen	WHO richtlijnen (2021) PM _{2.5} jaarlijks <5 µg/m ³ , 24 uur < 15 µg/m ³ . PM ₁₀ jaarlijks <15 µg/m ³ , 24 uur < 45 µg/m ³ .
17 [14]	Hassanvand	1,6	Ouderen (leeftijd niet benoemd)	Ouderenhuisvesting	I/O ratio. De binnenconcentratie fijnstof volgt de buitenconcentratie fijnstof.	NA	Iraanse PM standards (WHO richtlijnen) PM ₁₀ <50 en PM _{2.5} <25 µg/m ³ dagelijks gemiddelde. Geen richtlijnen voor PM ₁ .
31 [15]	Segalin	1,45	Ouderen > 60 jaar	Ouderenhuisvesting	I/O ratio. De weeromstandigheden buiten lijken de blootstelling te beïnvloeden	NA	Braziliaanse standaard: PM ₁₀ <120 en PM _{2.5} <60 µg/m ³ dagelijks gemiddelde. WHO richtlijnen PM ₁₀ <50 en PM _{2.5} <25 µg/m ³ dagelijks gemiddelde.

* gecontroleerde studie met gezonde ouderen

NA = niet aanwezig/niet beschreven

3.1.2 Chemische stoffen: TVOC, VOCs, formaldehyde, ozon en NO₂

Op het thema chemische stoffen zijn zes studies geïnccludeerd. Binnen het thema is onderscheid gemaakt in de volgende chemische stoffen: TVOC, VOCs, formaldehyde en stikstofdioxide. Dit is gebaseerd op de aspecten die genoemd worden in de verschillende studies. In Tabel 2 zijn de geïnccludeerde studies geordend van hoog naar laag naar de beoordeelde score van de kwaliteit van de studie.

Tabel 2. Overzicht chemische stoffen in relatie tot gezondheidsuitkomsten

Artikelnr.	Referentie 1 ^e auteur	Score	Onderzoeksgroep	Locatie	Type chemische stof	Relatie met gezondheidsuitkomsten	Referentie waarden
23 [7]	Bentayeb	2,6	Ouderen > 65 jaar	Verzorgingshuis	Hoog niveau Formaldehyde (gemiddeld 7,21 µg/m ³ ; max. 13,7 µg/m ³)	COPD	WHO 2010 [16]: <100 µg/m ³ (30 min)
					Hoog niveau NO ₂ (gemiddeld 21,1 µg/m ³ ; max. 36,2 µg/m ³)	Ademnood en hoesten, waarbij sterker effect bij >80 jaar	WHO 2021 [6]: <200 µg/m ³ (1 uur), <25 µg/m ³ (24 uur), <10 µg/m ³ (jaarlijks)
					Ozon (gemiddeld 21,1 µg/m ³ ; max. 42 µg/m ³)	Geen significante relatie gevonden	WHO 2021 [6]: O ₃ <60 µg/m ³ (peak season), <100 µg/m ³ (8 uur)
13 [9]	Belo	2,5	Ouderen (78 - 87 jaar)	Verzorgingshuis	Gemiddelde twee ruimtes: PM ₁₀ : ~44 µg/m ³ ; PM _{2.5} ~14.5 µg/m ³ ; TVOC ~100 µg/m ³ ; CO ~0 ppm; CO ₂ ~1060 ppm;	Elke verhoging van 100 µg/m ³ TVOC relatie met kans op ademhalingsinfecties in de voorafgaande drie maanden (significant). statistisch significante verbanden tussen spirometrie, EBC (exhaled breath condensate) en luchtkwaliteit	Portugese wet 353-A/2013, 4 December (artikel d.d. 2019). In artikel worden de waarden genoemd voor PM ₁₀ , PM _{2.5} , TVOC, Formaldehyde, CO, CO ₂ , bacteriën en schimmels.
49 [10]	Osman	2,3	Patiënten COPD; gemiddelde leeftijd 69 jaar	Thuisomgeving	NO ₂ mediaan 6-7 ppb (~13 µg/m ³)	Geen verband met gezondheid gevonden	WHO 2021 [6]: NO ₂ <200 µg/m ³ (1 uur), <25 µg/m ³ (1 uur), <10 µg/m ³ (jaarlijks)

11 [11]	Mendes*	2,1	Ouderen	Elderly Care Center	TVOC zomer: gemiddelde 110 µg/m ³ TVOC winter: 130 µg/m ³ ** Formaldehyde gemiddelde <42 µg/m ³ CO 0.7 mg/m ³ *** CO ₂ 786 ppm (Zomer), 1125 ppm (Winter)***	NA	TVOC→ European Collaborative Action (1997) Formaldehyde en CO → WHO (2010) CO ₂ → Finnish Society of indoor air quality report (2004)
16 [12]	Mendes*	2,1	Ouderen > 65 jaar	Verzorgingshuis	Chemische blootstelling TVOC zomer: mediaan 48 µg/m ³ ; winter mediaan 78 µg/m ³ . Formaldehyde mediaan 42 µg/m ³ CO: 0.1 mg/m ³ (mediaan) CO ₂ : Zomer mediaan: 721 ppm en winter 975 ppm	geen relatie gevonden met ademhalingsklachten	Voor TVOC → European Collaborative Action (1997) Voor Formaldehyde, CO, CO ₂ → WHO (2010)
51 [13]	Cortes	1,7	Ouderen > 60 jaar		Hoge niveaus NO ₂ mediaan 35.4 µg/m ³	Stijgende bloeddruk (6,77 mmHg (95% CI:1,04 -12,51) voor de systolische bloeddruk en 3,51mmHg (95% CI:0,72-6,29) voor de diastolische bloeddruk) en ademhalingsproblemen	WHO 2021 [6]: NO ₂ <200 µg/m ³ (1 uur), <25 µg/m ³ (24 uur), <10 µg/m ³ (jaarlijks)
37 [17]	Pinto	1,5		Verzorgingshuis	TVOC en CO ₂ pieken tussen 10:00 – 11:00 uur en verhoogde niveaus van formaldehyde (gemiddelde 250 µg/m ³). Geen bron formaldehyde vastgesteld.	N.A. (enkel vergelijk met standaarden)	Portugal: TVOC <0,6 mg/m ³ (nieuwbouw); TVOC <1,2 mg/m ³ (bestaande bouw, nieuwbouw zonder mech. ventilatie) Formaldehyde <0,1 mg/m ³ ; CO ₂ <1250 ppmv, <1625 ppmv

							(1 ^e getal nieuwbouw; 2 ^e getal bestaande bouw +nieuwbouw zonder mech. ventilatie.
--	--	--	--	--	--	--	--

NA = Niet aanwezig /niet beschreven

* Piekwaarden overschreden de referentiewaarden, gemiddelden in het algemeen lager dan de eisen waaraan is getoetst

** Significant verschil tussen de seizoenen binnen

*** Significant verschil bij I/O

3.1.3 Micro-organismen

Micro-organismen in de lucht dragen bij aan een verminderde luchtkwaliteit. Vier studies zijn geïncludeerd op het thema micro-organismen. Alle vier de studies zijn gebaseerd op de GERIA studie. In Tabel 3 is onderscheid gemaakt in bacteriën, schimmels (specifieke schimmels) en de mogelijke relatie met gezondheidsuitkomsten.

Tabel 3. Overzicht micro-organismen in relatie tot gezondheidsuitkomsten

Artikelnr.	Referentie 1 ^e auteur	Score	Onderzoeksgroep	Locatie	Type micro-organismen	Relatie met gezondheidsuitkomsten	Referentie waarden
13 [9]	Belo	2,5	Ouderen (78 - 87 jaar)	Verzorgingshuis	Gemiddelde twee ruimtes: bacteriën ~380 KVE/m ³ ; schimmels ~315 KVE/m ³	Spirometrische veranderingen	Portugese wet 353- A/2013, 4 December (artikel d.d. 2019). In artikel worden de waarden genoemd voor PM ₁₀ , PM _{2.5} , TVOC, Formaldehyde, CO, CO ₂ , bacteriën en schimmels.
11 [11]	Mendes*	2,1	Ouderen	Elderly Care Center	Bacteriën zomer gemiddelde: 329 CFU/m ³ en winter gemiddelde 258 CFU/m ³ Schimmels gemiddelde 305 CFU/m ³ Schimmels: Cladosporium		Bacteriën: Decree- Law No.79/2006 of April 4 th , Annex VII Schimmels: WHO (2009)

					Schimmels: Penicillium species		
					Schimmels: Aspergillus	Veroorzaken invasieve longziekten bij kwetsbare ouderen	
16 [12]	Mendes*	2,1	Ouderen > 65 jaar	Verzorgingshuis	Bacteriën: Mediaan zomer: 254 CFU/m ³ ; Mediaan winter: 182 CFU/m ³ Schimmels: 211 CFU/m ³	Geen relatie gevonden met ademhalingsklachten	Schimmels: WHO (2009).* Voor bacteriën: zomer 143 CFU/m ³ en winter 48 CFU/m ³
35 [12]	Belo	2,0	Ouderen > 65 jaar	Verzorgingshuis	Schimmels	Ontsteking van de luchtwegen, beoordeeld aan de hand van de pH-waarden van de luchtwegen	Niet aangegeven; zie ook artikelnr. 13 [9]

* Piekwaarden overschreden de referentiewaarden, gemiddelden in het algemeen lager dan de eisen waaraan is getoetst.

3.1.4 Overige bevindingen luchtkwaliteit

Tenslotte is in Tabel 4 een overzicht gegeven van de studies die geïnccludeerd zijn vanuit de scoping review maar die niet goed in te delen zijn in de gegeven categorieën: 1) fijnstof, 2) chemische stoffen en 3) microbiologische verontreiniging. Ook hier is geordend van hoog naar laag naar de beoordeelde score van de kwaliteit van de studie.

Tabel 4: Overzicht overige bevindingen luchtkwaliteit

Artikelnr.	Referentie 1 ^e auteur	Score	Onderzoeksgroep	Locatie	Bevindingen
52 [8]	Yan*	2,45	Gezonde ouderen 72 jaar	Labstudie	Bij een stijgende CO ₂ waarde (765 > 1268 ppm) nam REM slaapduur af (slaapkwaliteit verslechterde). Uitgangspunt Bouwbesluit 2012 max. 1200 ppm.
12 [18]	Vuylsteke	2,4	Ouderen, leeftijd niet gespecificeerd.	Verzorgingshuis	Een snelle en wijdverspreide COVID-19 uitbraak in Belgisch verzorgingshuis. De studie geeft als plausibele verklaring dat de overdracht via de lucht heeft gezorgd voor de massale verspreiding binnen de instelling. De studie onderstreept het belang van ventilatie en luchtkwaliteit voor de preventie van toekomstige uitbraken.
3 [19]	Zhan	2,3	Ouderen 80 jaar of ouder	Verzorgingshuis	Aangetoond is dat de IAQ, die voornamelijk wordt gekarakteriseerd door CO ₂ , CO, PM _{2,5} , PM ₁₀ en vluchtige organische stoffen (VOCs), verband houdt met de gezondheid van oudere volwassenen.

45 [20]	Mousavi	2,1	Niet gedefinieerd	Verzorgingshuis	Het doel van deze studie was om te evalueren wat het effect is van ventilatie, negatieve druk, barrières en andere maatregelen op de concentratie en verplaatsing van bioaerosolen in langdurige zorgomgevingen. De resultaten wijzen erop dat het ventilatievoud een bescheiden effect had op de contaminatiebelasting en het blootstellingsrisico in de kamers van de bewoners. Een verhoging van de luchtverversing van 1 tot 8 ACH bijvoorbeeld, verminderde de contaminantenbelasting en het potentiële blootstellingrisico voor zorgmedewerkers door een besmettelijke bewoner met ongeveer de helft (43,8%) van $7,1 * 10^3$ deeltjes/L tot $3,9 * 10^3$ deeltjes/L.
18 [21]	Chiang	2,0	Gezonde ouderen boven de 65 jaar	Ouderenhuisvesting	Een methode ontwikkeld voor 24-uurs metingen van binnenmilieu parameters om het binnenklimaat in verzorgingshuizen te onderzoeken.
14 [22]	Frey	2,0	Niet gedefinieerd	Senioren huisvesting (appartementen)	Formaldehyde niveaus waren sterk verhoogd en overschreden de HEALTH CANADA REL grens voor chronische blootstelling aan formaldehyde (40 ppb [$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$]).
44 [23]	Mu	1,9	Ouderen die ten minste 6 maanden wonen op locatie	Verzorgingshuizen	De fysieke omgeving van de ouderenzorg in Noordoost China zal geoptimaliseerd moeten worden. Let op verschillende behoeftes per vertrek als slaapkamer en een kamer waar activiteiten plaatsvinden. In de slaapkamer zijn bijvoorbeeld de parameters akoestiek en licht meer van invloed en in een kamer waar activiteiten plaatsvinden is de luchtkwaliteit meer van belang. De studie onderstreept het belang dat er meer onderzoek nodig is naar de interactie tussen het binnenmilieu en de gezondheid en conditie van ouderen.
32 [24]	Montrose	1,2	Niet onderzocht en niet gedefinieerd	Verzorgingshuizen	Waarden van $\text{PM}_{2.5}$ concentratie voor verschillende situaties van bosbranden. De infiltratie-efficiëntie tussen installaties verschilt (0,22-0,76).

3.2 Conclusie luchtkwaliteit

Er zijn relaties gevonden tussen hogere niveaus van luchtverontreiniging, bijvoorbeeld PM₁₀, en respiratoire gezondheidsklachten en dat ouderen (>80 jaar) meer gevoelig lijken voor een slechtere luchtkwaliteit [7]. De gerapporteerde klachten zijn daarbij in het algemeen korte termijn van aard en hebben veelal een respiratoire oorsprong. Het effect op lange termijn gezondheidsklachten is niet in de geïncludeerde studies teruggevonden.

In de geïncludeerde studies worden geen uitspraken gedaan over de maximale concentraties die in de zorghuisvesting gehanteerd zouden moeten worden. Ook zijn er geen studies gevonden die specifiek inzoomen op de gehandicaptensector of de geestelijke gezondheidszorg. In de geïncludeerde studies zijn alleen ouderen als doelgroep opgenomen. Hierbij is wel onderscheid te maken naar gezondheid en leeftijd.

3.3 Discussie luchtkwaliteit

Wat opvalt naar aanleiding van de scoping review is dat de hoeveelheid informatie die is gevonden op het onderwerp luchtkwaliteit in relatie tot de langdurige zorg zeer beperkt is. Onduidelijk is wat hiervoor de oorzaak is, maar vermoed wordt dat het minder eenvoudig is om in-situ onderzoek uit te voeren in dergelijke huisvesting en dat het minder eenvoudig is om perceptie of fysiologisch onderzoek uit te voeren op de bewoners. Uiteindelijk zijn er geen studies gevonden die zich specifiek richten op de gehandicaptensector of de geestelijke gezondheidszorg, de geïncludeerde studies richten zich enkel op ouderen als doelgroep. Er is daarbij nog wel onderscheid te maken naar gezondheid en leeftijd, voor zover daar uitspraken over worden gedaan.

Naast deze inperking tot ouderen, bieden de geïncludeerde studies weinig tot geen inzicht in algemene conclusies die getrokken zouden kunnen worden ten aanzien van richtlijnen voor de langdurige zorg. Verschillende studies betreffen case studies, in verschillende landen, die zich minder eenvoudig laten extrapoleren. In de analyse van die studies worden de uitkomsten veelal vergeleken met referentiewaarden die gebaseerd zijn op (inter)nationale richtlijnen of regelgeving.

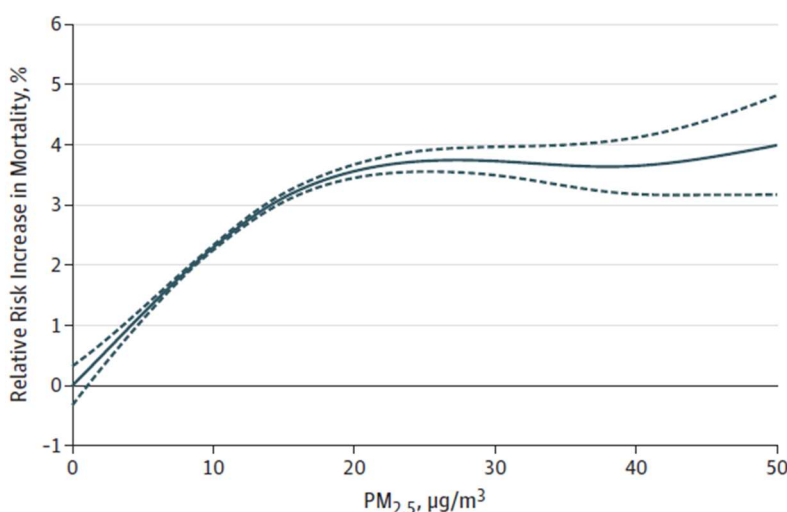
Meer algemene conclusies die kunnen worden gededuceerd uit de artikelen is dat er relaties worden gevonden tussen hogere niveaus van luchtverontreiniging, bijvoorbeeld PM₁₀, en respiratoire gezondheidsklachten en dat ouderen (>80 jaar) meer gevoelig lijken voor een slechtere luchtkwaliteit [7]. De gerapporteerde klachten zijn daarbij in het algemeen korte termijn van aard en hebben veelal een respiratoire oorsprong. Het effect op lange termijn gezondheidsklachten zijn niet in de geïncludeerde studies teruggevonden. Dergelijke effecten zullen echter ook lastig in het type studie, bijvoorbeeld veldstudies, bepaald kunnen worden en behoeft waarschijnlijk een meer epidemiologische benadering. Dat geeft daarmee ook meteen een verklaring waarom in de literatuur geen informatie is gevonden ten aanzien van de eisen die gesteld zouden kunnen worden aan de luchtkwaliteit in de context van de langdurige zorg. De gevonden studies zijn hiervoor niet correct opgezet. Een recente literatuur review [25] over 'Indoor Air Quality in Elderly Care Centers' ondersteunt de uitkomsten zoals die in deze literatuurstudie zijn gevonden. In het betreffende hoofdstuk worden naast enkele aanvullende referenties, die veelal verwijzen naar veldstudies, ook enkele studies aangehaald gerelateerd aan kantoren en scholen. Er ontbreken in die studie echter referenties die in onze literatuurstudie wel zijn opgenomen. Er wordt in [25] niet gekomen tot eisen die gesteld moeten worden aan langdurige zorghuisvesting. Wel wordt een terechte opmerking gemaakt over het mogelijke interactie-effect op de gezondheid bij gecombineerde blootstelling aan verontreinigingen. Dit is een nog grotendeels onontgonnen gebied, laat staan specifiek voor ouderen.

De GERIE en GERIA studies geven wel een goed beeld van de status van de luchtkwaliteit in verzorgingstehuizen in Europa. Door de omvang van deze studies zijn deze kwalitatief duidelijk sterker dan de andere studies die zijn gevonden. In de discussie van [7] wordt aangegeven dat "In the present study, we showed a significant relationship between exposure to chemical indoor air pollutants and respiratory outcomes in the elderly, even at moderate concentrations of indoor air pollutants" (p.1233). In de onderzochte verzorgingstehuizen overschreed de gemiddelde concentratie aan verontreinigingen niet de geldende internationale normen zoals o.a. weergegeven in de WHO Air quality guideline uit 2005 [26] (voor IAQ [16]). Een dergelijke uitkomst laat zien dat voor ouderen in verzorgingstehuizen wellicht striktere eisen gesteld moeten worden ten aanzien van de luchtkwaliteit dan gehanteerd voor andere gebouwen. Overigens zijn de WHO-richtlijnen in 2021 aangescherpt [6].

In de studie van Yan et al. [8] wordt in de discussie een vergelijk gemaakt met de studie van Fan et al. [27] die geen effect in de slaapstadia vond bij jongeren bij 1700 ppm. Anderzijds, werd in [28] een kantelpunt bij ongeveer 1200 ppm gevonden in een studie met jongvolwassenen. Deze resultaten laten zien dat een definitief antwoord nog niet is gevonden ten aanzien van de gewenste CO₂ concentratie, als een proxy voor de algemene luchtkwaliteit. Voorzichtig kan op basis van Yan geconcludeerd worden dat een strengere eis dan 1200 ppm voor de langdurige zorg voor ouderen gewenst is. Overigens

beschrijft Yan et al. [8] een referentie die een fysiologische toelichting geeft, gerelateerd aan het ademhalingsstelsel, op de gevonden effecten van een verhoogde CO₂ concentratie.

Voor PM₁₀ concentraties hoger dan de nationale (Portugese) eis van 50 µg/m³ wordt door Mendes et al. [29] geconcludeerd dat er een grotere kans is op allergische rhinitis (i.e. ontsteking van het slijmvlies). Echter, er is een ook een nauw verband met roken. Dit is typisch voor de meeste studies, er worden wel relaties gevonden, maar deze zijn in het algemeen niet heel sterk. Voor een deel ligt dat ook aan de omvang van de studies, hoewel de GERIE-studie [7] wat dat betreft een uitzondering is met 600 deelnemers. Echter, deze deelnemers zijn verdeeld over 50 verpleeghuizen in 7 landen over heel Europa. Desondanks worden in de studie slechts enkele statistische significante effecten gevonden tussen PM (zowel PM₁₀ als PM_{0.1}) en de onderzochte luchtweg indicatoren. Het merendeel van de verkregen resultaten is niet significant. De correctie van de resultaten voor land, BMI, opleidingsniveau en roken wordt hierbij wel gemaakt. In dat verband levert de studie van Qian et al. [30] meer informatie. Dit is een epidemiologische studie die zich focust op de blootstelling aan o.a. PM_{2.5} (buitenconditie) en het (relatief) verhoogde risico op overlijden, specifiek uitgesplitst voor ouderen (>69 jaar). De daarin gevonden relatie laat zien dat er geen drempelwaarde is voor PM_{2.5} en dat dus een keuze gemaakt moet worden ten aanzien van wat acceptabel geacht wordt.



Figuur 2. Figuur uit artikel van Qian et al. [30] ten aanzien van de blootstelling respons curve voor de concentratie PM_{2.5} (24 uur gemiddeld) met de relatieve toename van het risico op mortaliteit.

Wordt gekeken naar de chemische componenten dan zijn er verschillende relaties tussen de gemeten concentraties en gezondheidseffecten gevonden. Dat geldt onder andere voor de studie van [7], [9] en [13]. Wat uit de resultaten van Bentayeb opvalt is dat de gemeten waarden nog duidelijk onder de eisen van de WHO [6] liggen. De analyse van de WHO IAQ guidelines houdt wel rekening met mensen die gecompromitteerd zijn. Onder ander wordt voor NO₂ gerapporteerd dat astmatische personen gezondheidseffecten hebben bij een lagere concentratie dan niet-astmatische personen. De eis voor NO₂ is daarbij zo gesteld dat deze meer dan twee keer lager is dan de concentratie waarbij de astmatische reactie voor een persoon met astma optreedt. Blijkbaar is dit niveau echter niet voldoende om de gerapporteerde reacties in de studie van Bentayeb te voorkomen. Voor blootstelling aan ozon kan teruggevallen worden op de resultaten uit de studie van Qian et al. [30]. Vergelijkbaar als voor PM_{2.5} presenteren zij een blootstellings-response curve voor de ozonconcentratie (8h) versus de relatieve toename van het risico op mortaliteit (voor het warme (piek-) seizoen van 1 april – 30 september). Opnieuw wordt geen drempelwaarde gevonden en zal een consensus gezocht moeten worden. Over het jaar bezien wordt wel een drempelwaarde gevonden die ongeveer bij 40 ppb ligt (~80 µg/m³). De WHO IAQ Guidelines uit 2021 [31] houden een maximum concentratie (8h) van 60 µg /m³ (~30 ppb) aan voor het piekseizoen.

De uitkomsten uit deze literatuurstudie lijken ervoor te pleiten om de eisen voor de langdurige zorg wat strenger te maken dan nu aangegeven door de WHO. Echter, het is wel zo dat de gegevens hiervoor beperkt zijn en de onderbouwing voor de waarden vanuit de WHO is terug te vinden in de uitgebreide analyse van epidemiologische studies. Een harde wetenschappelijke onderbouwing voor het aanscherpen van de eisen is vanuit de verzamelde literatuur echter (nog) niet te geven.

Voor micro-organismen is het een probleem dat het niet eenvoudig is om absolute waardes aan te geven voor de concentraties die tot een probleem kunnen leiden aangezien er een relatief grote afhankelijkheid bestaat met de buitencondities. Hoge concentraties binnen, of een type bacterie of schimmel dat onder normale omstandigheden niet aanwezig hoort te zijn, wijzen meestal op een (verontreinigings-)bron die bij voorkeur zo snel als mogelijk dient te worden

weggenomen. In dat verband heeft bijvoorbeeld de NvVA² [32] ervoor gekozen om met vuistregels te werken die een probleem kunnen aanduiden. Zij maken daarbij een onderscheid in klassen ten aanzien van het moment waarop klachten verwacht kunnen worden. Gegeven de beperkte informatie die hierover in de literatuur is gevonden, lijken de NvVA richtlijnen een goed handvat te kunnen vormen om richtlijnen voor de langdurige zorg op af te stemmen.

Met name voor de chemische stoffen is het aantal onderzochte stoffen relatief beperkt, gegeven het feit dat er duizenden stoffen zijn. De invloed van veel stoffen op de gezondheid is helaas niet bekend, zeker als we ook naar interacties kijken. Hoewel er wel een stap is gemaakt sinds het boek van Rachel Carson 'Silent Spring' (1962). Van verschillende stoffen is echter wel duidelijk hoe zij de gezondheid beïnvloeden. De mate van invloed kan bijvoorbeeld worden uitgedrukt in DALYs (Disability Adjusted Life Years; [33]). In een studie van Logue et al. ([34]) is deze eenheid gebruikt om verontreinigingen te rangschikken. Door o.a. Benjamin Jones van Nottingham University is dit recent verder uitgewerkt en in het kader van de IEA Annex 86 ([35]) gepresenteerd. Hij heeft hierbij ook fijnstof toegevoegd aan de luchtkwaliteit parameters. Zijn conclusie is dat er vier hoofdparameters zijn, als het gaat om luchtkwaliteit, die de gezondheid, uitgedrukt in DALYs beïnvloeden (het % geeft het aandeel op de gezondheid uitgedrukt in DALYs aan). Dit zijn PM_{2.5} (64%), PMcoarse (15%), Formaldehyde (9%) en NO₂ (9%). De resterende 3% kan worden toegeschreven aan onder andere bestanddelen zoals radon, ozon, acroleïne, SO₂ en bioaerosolen (schimmels). PMcoarse wordt hierbij gedefinieerd als PM tussen PM₁₀ en PM_{2.5}. PM₁₀ omvat alle PM kleiner dan 10 µm. Voor PM₁₀ wordt een orde grootte vergelijkbaar aantal DALYs gevonden als voor PMcoarse. Vanuit deze informatie kan worden geconcludeerd dat het in eerste instantie belangrijk is om richtlijnen beschikbaar te hebben voor de vier belangrijkste indicatoren, omdat daarmee een groot deel van het gezondheidseffect, uitgedrukt in DALYs is afgedekt. Of voor ouderen of andere bewoners in de langdurige zorg andere of aanvullende indicatoren wenselijk zijn kan vanuit de onderzochte literatuur niet worden afgeleid.

Naast de studies die ingaan op parameters die de luchtkwaliteit beïnvloeden, wordt ook vaak de relatieve vochtigheid (RV) als onderdeel gezien van de luchtkwaliteit. Zij beïnvloedt echter ook de thermische beleving, hoewel in beperkte mate. In een eerdere studie naar de RV voor zorghuisvesting [36] is geconcludeerd dat de beschikbare literatuur ook op dat vlak relatief beperkt is en dat een ondergrens van 25- 30%, hoewel geen hele harde grens, voldoende is om problemen in het algemeen te voorkomen. Individuele personen kunnen bij dit percentage wel al last krijgen van bijvoorbeeld een drogere huid en droge ogen. Ook hier dient nogmaals herhaald te worden dat de beschikbare wetenschappelijk onderbouwde gegevens zeer beperkt zijn en niet echt representatief voor de blootstellings situatie in de langdurige zorg, i.e. normaal gesproken blootstelling over langere periode.

Waar bovenstaande gegevens een relatie zoeken met een direct effect op de gezondheid, is perceptie minder uitgebreid onderzocht. In de studie van Zhan et al. [19] wordt door 89% van de bewoners de binnenluchtkwaliteit acceptabel gevonden. De gemeten CO₂ concentratie, als proxy voor de luchtkwaliteit, lag daarbij gemiddeld rond de 630 ppm. Dit is een relatief lage waarde als we uitgaan van een waarde van 1200 ppm die vaak als maximum wordt aangehouden (bijv. Klasse C in het Programma van Eisen Gezonde Woningen [4]; Klasse A stelt daarin een eis van maximaal 750 ppm [absoluut]). Vanuit gezondheidsperspectief zijn de eisen voor de luchtkwaliteit voor de bewoners, in het geval van de literatuurstudie, op de ouderen afgestemd. Verondersteld mag worden dat deze eisen ook de eisen voor het verplegend personeel en de bezoekers afdekken. Vermoed wordt dat zij een betere weerstand hebben en daarmee bij de gewenste concentraties geen of duidelijk minder gezondheidsrisico zullen oplopen. Wat betreft de perceptie is deze veronderstelling wellicht niet per se van toepassing. Zelfs ongeacht fysiologische verschillen in reukvermogen, die wel verondersteld mogen worden, is er in ieder geval sprake van adaptatie. Hierdoor mag verwacht worden dat verplegend personeel en bezoekers, die zich wat vaker tussen ruimtes bewegen, eerder de luchtkwaliteit minder zullen waarderen dan de bewoners. In verzorgingstehuizen zullen bio-effluenten de luchtkwaliteit mede bepalen. Bij de gehanteerde ventilatie niveaus zoals bijvoorbeeld in de PvE Gezonde Woningen, klasse A, zal naar verwachting de negatieve perceptie ten gevolge daarvan beperkt blijven. Echter, er mag verwacht worden dat in de langdurige zorg ook andere typen bronnen aanwezig zijn dan normaal gesproken, bijvoorbeeld urine. Waarschijnlijk zijn grote hoeveelheden lucht nodig om deze concentratie voldoende omlaag te brengen om de luchtkwaliteit (inclusief geur) voor ieder acceptabel te houden. Een betere tactiek in dat geval is om de bron, voor zover mogelijk, weg te nemen. Een andere oplossing is om de ventilatie efficiënter te maken dan de veronderstelling van een goed gemixte ruimte, of filtering met actieve kool via recirculatie. Maar dit gaat buiten de gedachte van dit onderzoek.

De Coronapandemie heeft duidelijk gemaakt dat luchtkwaliteit, en voldoende ventilatie, een belangrijk onderdeel is van het binnenmilieu. Het onderzoek van Vuyksteke et al. [18] maakt dat onder andere duidelijk, maar ook in Nederland kennen we dergelijke voorbeelden. In principe geldt dat voor alle pathogenen die via luchttransmissie kunnen worden overgedragen. De problematiek bij dit soort pathogenen is dat er sprake is van een risico op infectie. De blootstelling bepaalt de dosis die men over de tijd ontvangt en dat bepaalt het risico van infectie. Ten aanzien van ventilatie (de zogenaamde long-range transmissie) geldt dat hoe lager de concentratie van een pathogeen, hoe lager het risico,

² Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne

uitgaande van eenzelfde blootstellingstijd. De infectiviteit van verschillende pathogenen is echter niet gelijk en leren we normaal gesproken pas nadat het pathogeen zich aandient, dus niet van te voren. En zelfs binnen een pathogeen kan die zich ontwikkelen, zoals we bij de varianten van SARS-CoV-2 zagen (bijv. Alpha, Delta, Omicron). Hierdoor kunnen we dus geen goede richtlijnen hanteren ten aanzien van de gewenste ventilatie, eventueel aangevuld met luchtreiniging. Deze problematiek vraagt om een andere aanpak, die al op bouwkundig niveau zou moeten plaatsvinden [37] en/of door na te gaan denken over lokale oplossingen [38], of een betere ventilatie effectiviteit in plaats van uit te gaan van een goede menging van de toegevoerde schone lucht.

In het algemeen kan dus geconcludeerd worden dat het niet eenvoudig is om van de gegevens uit de literatuur richtlijnen af te leiden. De beschikbare gegevens zijn ook onvoldoende om onderbouwd een onderscheid te maken tussen verplegend personeel, bezoekers en bewoners. Uitgangspunt zal moeten zijn dat, wanneer het om luchtkwaliteit gaat, het perspectief de meest kwetsbare persoon is, in dit geval de (oudere) bewoner. En dat daarbij een onderscheid gemaakt behoort te worden tussen (geur)hinder en gezondheidsrisico. Wanneer de richtlijnen daarop afgestemd zijn, wordt verwacht dat de luchtkwaliteit voldoet voor het verplegend personeel en de bezoekers.

Voor aanbevelingen voor een richtlijn lijken de (internationale) richtlijnen op zich een goede referentie te bieden, maar enkele resultaten laten zien dat zelfs bij het voldoen aan deze richtlijnen niet altijd gezondheidseffecten voorkomen kunnen worden. Dat zou ervoor kunnen pleiten om de eisen strenger te maken. Echter, gezien de beperkte onderbouwing die beschikbaar is en de neveneffecten die kunnen optreden zoals het toenemen van het energiegebruik lijkt het ook niet opportuun om extreme eisen te stellen. Gezien de doelgroep, kwetsbare ouderen, is het voorstel om in dit geval te kijken naar de eisen zoals die zijn opgesteld binnen het Programma van Eisen (PvE) Gezonde Woningen, klasse A. Deze klasse is, o.a., specifiek gedefinieerd voor "...een gevoelige doelgroep (zoals bewoners met luctwegaandoeningen of een verminderde weerstand)." [4]. In dit PvE worden met betrekking tot de luchtkwaliteit een aantal eisen gedefinieerd. In Tabel 5 zijn deze eisen voor klasse A samengevat voor wat betreft de luchtkwaliteit. In de kolom ernaast is een voorstel gedaan om deze eisen mee te nemen, of nog aan te passen voor de situatie van de langdurige zorg. Hierbij is de kennis gebruikt zoals opgedaan in de literatuurstudie, maar deze is niet 1-op-1 overgenomen gezien de beperkte informatie. In alle gevallen vormen de 2021 IAQ richtlijnen van de WHO [6] de minimale basis voor de eisen, voor zover in dat document eisen worden gesteld.

Tabel 5. Overzicht eisen PvE Gezonde Woningen + toelichting en/of aanvulling voorstel voor richtlijnen langdurige zorg.

	PvE Gezonde Woningen (Klasse A)	Toelichting en/of aanvulling voorstel richtlijnen langdurige zorg
CO₂-concentratie & Luchtverversing		
	§ De CO ₂ -concentratie in verblijfsruimten ligt tijdens gebruikstijd op maximaal + 300 ppm boven de buitenluchtconcentratie.	<<
Luchtvochtigheid (relatieve vochtigheid (RV))		
Woonkamer, Keuken, Slaapkamer, Verkeersruimte	§ Geen eisen voor de verblijfsruimten	> 30% [36]; opgemerkt moet worden dat dit niet perse een harde grens is. Het ontbreekt aan gegevens hiervoor. Als bevochtiging aanwezig is wordt deze waarde voor het setpoint aanbevolen. In andere gevallen dient per situatie beoordeeld te worden of bevochtiging wenselijk is.
Badkamer	§ Er is voorzien in een effectieve (automatische) regeling waarmee binnen twee uur na gebruik van de badkamer de luchtvochtigheid onder 70% RV is gebracht.	<<
Micro-organismen		
Woonkamer, Keuken,	§ In de verblijfsruimten mag geen zichtbare schimmel op de wanden of plafonds aanwezig zijn.	Eventueel aangevuld met de richtlijn van NVvA [32]

Slaapkamer, Verkeersruimte		
Vluchtige Organische Stoffen		
§	De formaldehyde (HCOH) concentratie bedraagt maximaal 30 µg/m³ .	(ook voor 30 min periode; zie eis <100 µg/m ³ (30 min) (WHO 2010)
§	De totale vluchtige organische stoffen oftewel TVOC-concentratie bedraagt maximaal 200 µg/m³ .	Nog geen aanvullende eis omdat op basis van DALYs dit niet tot de belangrijkste gezondheidscomponenten wordt gerekend.
CO & NO₂		
§	De koolmonoxide concentratie (CO) bedraagt maximaal 10 mg/m³ .	Geen interne bronnen.
§	De stikstofdioxide (NO ₂) concentratie bedraagt jaargemiddeld maximaal 10 µg/m³	Op belaste locaties is dit type huisvesting niet mogelijk.
Fijnstof		
§	De jaargemiddelde PM _{2,5} (fijnstof) concentratie is maximaal 5 µg /m³ .	<<
Asbest		
§	In het gebouw zijn geen asbesthoudende materialen aanwezig.	<<

Voor ozon is in het Programma van Eisen Gezonde Woningen geen eis opgenomen. Omdat, met name in het geval van toepassing van specifieke technieken van luchtreiniging, ozon kan worden geproduceerd, lijkt het wenselijk om dit specifiek voor de langdurige zorg op te nemen, met name voor het warme seizoen (april-september). De eis die dan gesteld kan worden is gehaald uit [30] en zet het relatieve extra risico gelijk aan de jaargemiddelde maximum waarde van 1,5%. Dit resulteert in een maximum ozonconcentratie van 20 ppb (30 min; 40 µg/m³). Dit is lager dan de WHO-eis van 60 µg/m³ (30 min).

Tot slot, het onderzoek is niet gericht geweest op de ectoparasieten zoals bv Scabies Norvigica [39], die ook door verspreiding via de lucht, naast huidcontact, schadelijk is voor kwetsbare ouderen met een verminderde weerstand en met name voor mensen met dementie. Bij deze groep ouderen kan Scabies asymptomatisch verlopen. Daarnaast is er duidelijk behoefte om kennis te verzamelen over luchtgedragen infectieziekten in de langdurige zorg. Een systematische verzameling van de informatie lijkt daarbij wenselijk. Hiertoe is door te Kulve et al. [40] een systematische aanpak ontwikkeld om die informatie te verzamelen. Dit omvat onder andere metingen aan de binnenluchtkwaliteit, maar ook het inventariseren van het gebouw en de infecties. Een conclusie uit dat onderzoek, bij toepassing van de systematische aanpak bij een aantal verzorgingstehuizen, was dat uniformering in de wijze waarop informatie wordt opgeslagen, o.a. van uitbraken nog aandacht behoeft.

Een laatste opmerking die gemaakt kan worden, is dat het meten van de luchtkwaliteitsparameters zoals hierboven beschreven niet eenvoudig is. Hoewel er tegenwoordig (relatief) goedkope sensoren beschikbaar zijn, is de kwaliteit niet altijd even goed [41]. In principe zou moeten worden teruggevallen op zogenaamde 'research-grade' instrumenten. Voor lange-duur monitoring, dat zeker wenselijk lijkt, zou het gebruik van goedkopere alternatieven toch te overwegen kunnen zijn, omdat die in het algemeen wel redelijk goed in staat zijn om zogenaamde events te detecteren. Die events kunnen aangeven dat er een probleem is, waarna actie kan worden ondernomen om dat nader te onderzoeken.

3.4 Referenties luchtkwaliteit

- [1] J. van Hoof, H.S.M. Kort, M.S.H. Duijnste, P.G.S. Rutten, J.L.M. Hensen, The indoor environment and the integrated design of homes for older people with dementia, *Build. Environ.* 45 (2010) 1244–1261. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.11.008>.
- [2] A.C. Boerstra, M. te Kulve, *Programma van Eisen Gezonde Kantoren 2021*, Woerden, The Netherlands, 2021.
- [3] RVO, *Programma van Eisen Frisse Scholen 2021*, Zwolle, The Netherlands, 2021. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/06/PvE-Frisse-Scholen-2021.pdf> (accessed November 12, 2021).

- [4] M.G.L.C. Loomans, L. Hensen Centnerova, P. Jacobs, T. Beuker, W. Atmar, Programma van Eisen Gezonde Woningen 2022, Woerden, The Netherlands, 2022. <https://www.binnenklimaattechniek.nl/document/publicatie-programma-van-eisen-gezonde-woningen-2022/>.
- [5] H. Arksey, L. O'Malley, Scoping studies: towards a methodological framework, *Int. J. Soc. Res. Methodol.* 8 (2005) 19–32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>.
- [6] World Health Organization, Guidelines for indoor air quality- selected pollutants, Copenhagen, Denmark, 2021.
- [7] M. Bentayeb, D. Norback, M. Bednarek, A. Bernard, G. Cai, S. Cerrai, K.K. Eleftheriou, C. Gratziou, G.J. Holst, F. Lavaud, J. Nasilowski, P. Sestini, G. Sarno, T. Sigsgaard, G. Wieslander, J. Zielinski, G. Viegi, I. Annesi-Maesano, Indoor air quality, ventilation and respiratory health in elderly residents living in nursing homes in Europe., *Eur. Respir. J.* 45 (2015) 1228–1238. <https://doi.org/10.1183/09031936.00082414>.
- [8] Y. Yan, H. Zhang, M. Kang, L. Lan, Z. Wang, Y. Lin, Experimental study of the negative effects of raised bedroom temperature and reduced ventilation on the sleep quality of elderly subjects, *Indoor Air.* 32 (2022) e13159. <https://doi.org/10.1111/INA.13159>.
- [9] J. Belo, P. Carreiro-Martins, A.L. Papoila, T. Palmeiro, I. Caires, M. Alves, S. Nogueira, F. Aguiar, A. Mendes, M. Cano, M.A. Botelho, N. Neuparth, The impact of indoor air quality on respiratory health of older people living in nursing homes: spirometric and exhaled breath condensate assessments, *J. Environ. Sci. Heal. - Part A Toxic/Hazardous Subst. Environ. Eng.* 54 (2019) 1153–1158. <https://doi.org/10.1080/10934529.2019.1637206>.
- [10] L.M. Osman, J.G. Douglas, C. Garden, K. Reglitz, J. Lyon, S. Gordon, J.G. Ayres, Indoor air quality in homes of patients with chronic obstructive pulmonary disease, *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 176 (2007) 465–472. <https://doi.org/10.1164/rccm.200605-589OC>.
- [11] A. Mendes, S. Bonassi, L. Aguiar, C. Pereira, P. Neves, S. Silva, D. Mendes, L. Guimarães, R. Moroni, J.P. Teixeira, Indoor air quality and thermal comfort in elderly care centers, *Urban Clim.* 14 (2015) 486–501. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2014.07.005>.
- [12] J. Belo, P. Carreiro-Martins, I. Caires, T. Palmeiro, M. Alves, A.S. Mendes, A.L. Papoila, M.A. Botelho, A.M.B. Rendas, N.M.B. Neuparth, THE IMPACT OF INDOOR AIR QUALITY ON AIRWAY pH OF OLDER PEOPLE LIVING IN NURSING HOMES, *Pathophysiology.* 25 (2018) 245. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pathophys.2018.07.179>.
- [13] S. Cortés, C. Leiva, M.J. Ojeda, N. Bustamante-Ara, W. Wambaa, A. Dominguez, C. Pasten Salvo, C. Rodriguez Peralta, B. Rojas Arenas, D. Vargas Mesa, E. Ahumada-Padilla, Air Pollution and Cardiorespiratory Changes in Older Adults Living in a Polluted Area in Central Chile, *Environ. Health Insights.* 16 (2022). <https://doi.org/10.1177/11786302221107136>.
- [14] M.S. Hassanvand, K. Naddafi, S. Faridi, M. Arhami, R. Nabizadeh, M.H. Sowlat, Z. Pourpak, N. Rastkari, F. Momeniha, H. Kashani, A. Gholampour, S. Nazmara, M. Alimohammadi, G. Goudarzi, M. Yunesian, Indoor/outdoor relationships of PM10, PM2.5, and PM1 mass concentrations and their water-soluble ions in a retirement home and a school dormitory, *Atmos. Environ.* 82 (2014) 375–382. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.10.048>.
- [15] B. Segalin, P. Kumar, K. Micadei, A. Fornaro, F.L.T. Gonçalves, Size-segregated particulate matter inside residences of elderly in the Metropolitan Area of São Paulo, Brazil, *Atmos. Environ.* 148 (2017) 139–151. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.10.004>.
- [16] World Health Organization, Guidelines for indoor air quality - Selected Pollutants, Copenhagen, Denmark, 2010. www.euro.who.int (accessed November 12, 2021).
- [17] M. Pinto, J. Lanzinha, J. Viegas, C. Infante, T. Freire, Quality of the indoor environment in elderly care centers in two cities in central Portugal: Viseu and Covilhã, *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 16 (2019). <https://doi.org/10.3390/ijerph16203801>.
- [18] B. Vuylsteke, L. Cuypers, G. Baele, M. Stranger, S.L. Paralovo, E. André, J. Dirks, P. Maes, M. Laga, The role of airborne transmission in a large single source outbreak of SARS-CoV-2 in a Belgian nursing home in 2020, *Epidemics.* 40 (2022) 100589. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.epidem.2022.100589>.
- [19] H. Zhan, J. Yu, R. Yu, Assessment of older adults' acceptance of IEQ in nursing homes using both subjective and objective methods, *Build. Environ.* 203 (2021) 108063. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108063>.
- [20] E. Mousavi, K. Grosskopf, P. Arnold, R. Lautz, J. Lau, Experimental measurement of bioaerosol concentrations and containment in long-term care environments, *Build. Environ.* 223 (2022) 109415. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109415>.
- [21] C.M. Chiang, P.C. Chou, C.M. Lai, Y.Y. Li, A methodology to assess the indoor environment in care centers for senior citizens, *Build. Environ.* 36 (2001) 561–568. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(00\)00024-X](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(00)00024-X).
- [22] S.E. Frey, H. Destailats, S. Cohn, S. Ahrentzen, M.P. Fraser, Characterization of indoor air quality and resident health in an Arizona senior housing apartment building, *J. Air Waste Manag. Assoc.* 64 (2014) 1251–1259. <https://doi.org/10.1080/10962247.2014.937513>.
- [23] J. Mu, J. Kang, Indoor Environmental Quality of Residential Elderly Care Facilities in Northeast China, *Front. Public Heal.* 10 (2022). <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.860976>.
- [24] L. Montrose, E.S. Walker, S. Toevs, C.W. Noonan, Outdoor and indoor fine particulate matter at skilled nursing facilities in the western United States during wildfire and non-wildfire seasons., *Indoor Air.* 32 (2022) e13060.

<https://doi.org/10.1111/ina.13060>.

- [25] Y. Zhang, P.K. Hopke, C. Mandin, Handbook of Indoor Air Quality, Handb. Indoor Air Qual. (2021). <https://doi.org/10.1007/978-981-10-5155-5>.
- [26] World Health Organization, Air Quality Guidelines. Global update 2005, World Heal. Organ. (2006) 484. E90038.pdf (accessed November 26, 2021).
- [27] X. Fan, H. Shao, M. Sakamoto, K. Kuga, L. Lan, D.P. Wyon, K. Ito, M.P. Bivolarova, C. Liao, P. Wargocki, The effects of ventilation and temperature on sleep quality and next-day work performance: pilot measurements in a climate chamber, *Build. Environ.* 209 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108666>.
- [28] A.K. Mishra, A.M. van Ruitenbeek, M.G.L.C. Loomans, H.S.M. Kort, Window/door opening-mediated bedroom ventilation and its impact on sleep quality of healthy, young adults, *Indoor Air.* 28 (2018) 339–351. <https://doi.org/10.1111/ina.12435>.
- [29] A. Mendes, A.L. Papoila, P. Carreiro-Martins, S. Bonassi, I. Caires, T. Palmeiro, L. Aguiar, C. Pereira, P. Neves, D. Mendes, M.A.S. Botelho, N. Neuparth, J.P. Teixeira, The impact of indoor air quality and contaminants on respiratory health of older people living in long-term care residences in Porto., *Age Ageing.* 45 (2016) 136–142. <https://doi.org/10.1093/ageing/afv157>.
- [30] Q. Di, L. Dai, Y. Wang, A. Zanobetti, C. Choirat, J.D. Schwartz, F. Dominici, Association of Short-term Exposure to Air Pollution With Mortality in Older Adults, *JAMA.* 318 (2017) 2446–2456. <https://doi.org/10.1001/JAMA.2017.17923>.
- [31] World Health Organization, Guidelines for indoor air quality- selected pollutants, Copenhagen, Denmark, 2021. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=yf>.
- [32] NVvA, VLA, Vuistregels voor blootstelling aan levensvatbare micro-organismen in kantoren en soortgelijke werkruimten, Eindhoven, 2019. <https://www.arbeidshygiene.nl/-uploads/files/insite/vuistregels-micro-org-nvva-vla.pdf> (accessed February 13, 2023).
- [33] Disability-adjusted life years (DALYs), (n.d.). <https://www.who.int/data/gho/indicator-metadata-registry/imr-details/158> (accessed February 13, 2023).
- [34] J.M. Logue, P.N. Price, M.H. Sherman, B.C. Singer, A method to estimate the chronic health impact of air pollutants in U.S. residences, *Environ. Health Perspect.* 120 (2012) 216–222. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104035>.
- [35] IEA EBC || Annex 86 || Energy Efficient Indoor Air Quality Management in Residential Buildings || IEA EBC || Annex 86, (n.d.). <https://annex86.iea-ebc.org/> (accessed February 13, 2023).
- [36] M.G.L.C. Loomans, E. Huisman, K. Kompatscher, A.A.L. Traversari, H.S.M. Kort, W. Maassen, Bevochtigingseisen in de zorghuisvesting - kennisbasis, Delft, The Netherlands, 2021. <https://www.expertisecentrumverduurzamingzorg.nl/wp-content/uploads/2021/06/Bevochtigingseisen-kennisbasis.pdf>.
- [37] J.M.A. Kort, M.G.L.C. Loomans, L. Havinga, Limiting the spread of long-range airborne diseases in Long Term Care Facilities, in: L. Itard, L. Hensen-Centnerova (Eds.), Proc. CLIMA 2022 14th REHVA HVAC World Congr., TU Delft OPEN, Delft, The Netherlands, 2022. <https://doi.org/https://doi.org/10.34641/clima.2022.41>.
- [38] M.M.A. de Haas, M.G.L.C. Loomans, M. te Kulve, A.C. Boerstra, H.S.M. Kort, Effectiveness of personalized ventilation in reducing airborne infection risk for long-term care facilities, in: Proc. 42nd AIVC Conf. - 10th TightVent Conf. - 8th Vent. Conf., AIVC, Rotterdam, The Netherlands, 2022.
- [39] J.A. Cassell, J. Middleton, A. Nalabanda, S. Lanza, M.G. Head, J. Bostock, K. Hewitt, C.I. Jones, C. Darley, S. Karir, S.L. Walker, Scabies outbreaks in ten care homes for elderly people: a prospective study of clinical features, epidemiology, and treatment outcomes, *Lancet Infect. Dis.* 18 (2018) 894–902. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(18\)30347-5](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(18)30347-5).
- [40] M. Kulve, M. Loomans, E. Huisman, H. Kort, Indoor air in long term care facilities and spread of infectious diseases, in: *Indoor Air 2014 - 13th Int. Conf. Indoor Air Qual. Clim.*, 2014.
- [41] H. Zheng, V. Krishnan, S. Walker, M. Loomans, W. Zeiler, Laboratory evaluation of low-cost air quality monitors and single sensors for monitoring typical indoor emission events in Dutch daycare centers, *Environ. Int.* 166 (2022) 107372. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2022.107372>.

4 Resultaten thermisch binnenklimaat

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk gaat in op de resultaten van de literatuurstudie naar het thermisch binnenklimaat. Gedurende de literatuurstudie zijn er met name veldstudies gevonden waarbij de thermische sensatie en thermische voorkeuren van bewoners van verpleeghuizen in kaart zijn gebracht. De meeste onderzoeken gebruiken daarvoor metingen van het thermisch binnenklimaat om de PMV (Predicted Mean Vote) waarde te bepalen en vragenlijsten (eventueel in combinatie met interviews) om de thermische beleving in kaart te brengen.

In deze studies zijn relatief gezonde ouderen, woonachtig in een verpleeghuis, veelal de doelgroep. Er is in mindere mate onderzoek gedaan naar bewoners met een lichamelijke of cognitieve beperking (bv. dementie). Ook zijn er slechts enkele studies gevonden die (zelf-ingeschatte) gezondheidsparameters in kaart hebben gebracht. Naast onderzoeken uitgevoerd in verpleeghuizen, zijn onderzoeken uitgevoerd in de thuisomgeving van ouderen ook meegenomen in de analyse.

Studies naar zorggebouwen anders dan langdurige zorginstellingen missen voornamelijk in de literatuur. Een enkele studie keek naar de effecten van medicijngebruik en gebruik van verdovende middelen op de thermofysiologie en thermisch comfort.

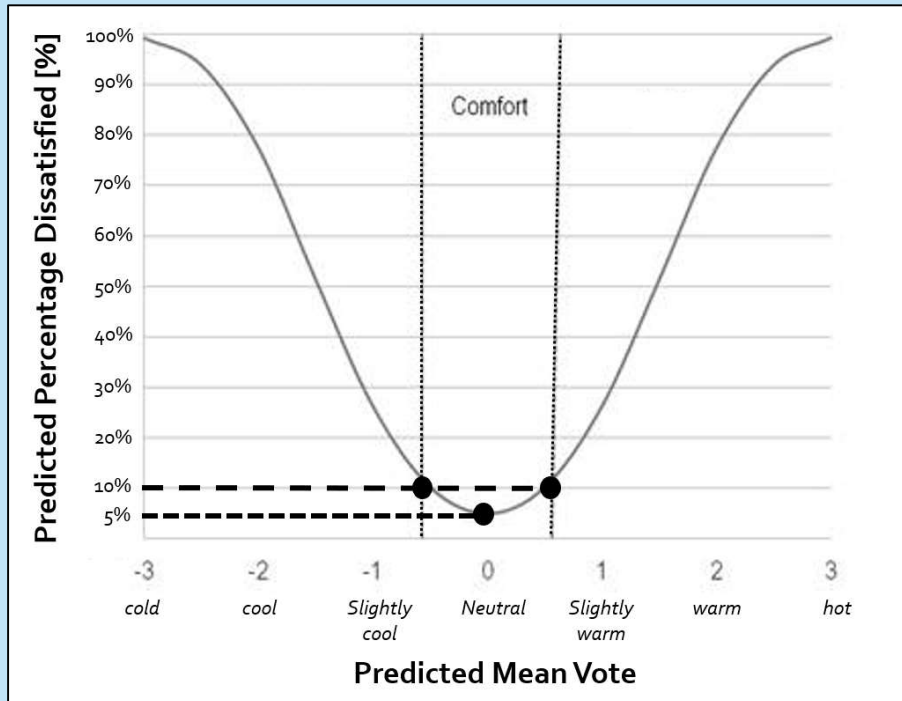
Hieronder staan de uitkomsten van de literatuurstudie weergegeven waarbij de resultaten verdeeld zijn in drie categorieën:

1. Thermische sensatie en comfort;
2. Adaptief gedrag;
3. Overige kwalitatieve aspecten

De uitkomsten van de literatuurstudie zijn per thema weergegeven in tabelvorm. Vervolgens worden de bevindingen in de tekst bij de tabel toegelicht. Hierbij wordt o.a. aandacht besteed aan de onderzochte doelgroep(en), de klimaatzones waar de onderzoeken zijn uitgevoerd en wordt zowel ingegaan op de kwantitatieve als kwalitatieve uitkomsten. Zie het kader op de volgende pagina voor meer toelichting rondom de toegepaste termen voor het beschrijven en beoordelen van het thermisch comfort.

PMV en PPD

Voor het bepalen van thermisch comfort wordt het model van Fanger veelvuldig gebruikt. Dit model geeft de zogenaamde PMV-waarde (predicted mean vote). Deze waarde is gebaseerd op de warmtebalans van het menselijk lichaam. Met de PMV wordt een voorspelling gemaakt van de temperatuurservaring van mensen en loopt van -3 (koud) tot +3 (heet).



Van dit model kan vervolgens de PPD-waarde (predicted percentage dissatisfied) worden afgeleid. Met de PPD kan een procentuele voorspelling worden gemaakt van ontevreden mensen met betrekking tot het binnenklimaat. Zo kan bijvoorbeeld worden afgeleid dat bij een PMV van 0 (neutrale temperatuurservaring) de ruimte nog door 5% van de mensen als onbehaaglijk wordt gezien, wanneer men de kleding en het metabolisme niet kan aanpassen. Bij een PMV van -0,5/+0,5 (lichtelijk warm of koud) is dit 10%. Idealiter dient de PPD onder de 10% te blijven. Bij het model van Fanger zijn de temperatuur (lucht en straling), luchtsnelheid, relatieve vochtigheid, metabolisme en isolatiewaarde parameters die meegenomen worden.

Thermal Sensation Vote (TSV) of thermische sensatie

TSV beschrijft de thermische sensatie van mensen op basis van 7 niveaus, van -3 tot +3. Het gebruikt dus dezelfde schaal als de PMV, maar beschrijft in plaats van de voorspelde thermische respons (gebruikt bij PMV), de daadwerkelijke thermische respons van een persoon. De mean thermal sensation vote (MTSV) is vervolgens het gemiddelde van alle opgetelde individueel TSV.

Thermoneutrale temperatuur (Tn)

De thermoneutrale temperatuur is de temperatuur waar de MTSV 0 is. Dit is de temperatuur waar dus gemiddeld gezien de meeste mensen (95%) tevreden zijn met de binnentemperatuur.

Adaptieve temperatuursgrens (ATG):

Een ander model is de *Adaptieve Temperatuur Grenswaarde (ATG)* conform ISSO publicatie 74. Dit model legt de nadruk op het vermogen van mensen om zich op verschillende manieren aan te passen aan wisselende temperaturen die voorkomen in niet geconditioneerde of beperkte gekoelde gebouwen. Wanneer het bijvoorbeeld buiten warm is, verwachten gebruikers in gebouwen dat de binnentemperatuur ook warmer is en passen zich hier dan op aan, door het openen van ramen of het aanpassen van kleding. Het model voorspelt het aantal ontevreden gebruikers, vergelijkbaar met de PPD, op basis van de operationele temperatuur.

4.2 Thermische sensatie en comfort

In diverse veldstudies is het verband tussen thermische sensatie en temperatuur in verpleeghuizen onderzocht om de optimale condities voor dit type gebouw te bepalen. De uitkomsten van de studies die in deze literatuurstudie naar voren zijn gekomen zijn weergegeven in een overzichtstabel met de kwantitatieve bevindingen (Tabel 6) en een tabel met de kwalitatieve bevindingen (Tabel 7). Papers met een score van 1,7 of hoger (op een schaal van 0 tot 3) zijn geïncludeerd en meegenomen in de tabellen. Uit de gevonden literatuur valt op dat de link tussen thermische sensatie en het thermisch binnenklimaat in zorginstellingen onder andere wordt beïnvloed door:

1. Het buitenklimaat waar het onderzoek is uitgevoerd;
2. Het seizoen en de buitentemperatuur;
3. De doelgroep: bewoners of zorgpersoneel;
4. De doelgroep: fysieke gezondheid, mentale gezondheid en leeftijd (effect op jongere senioren <80 jaar en oudere senioren >80 jaar)

In het onderzoek naar de comfortrange van ouderen is de focus gelegd op ouderen die wonen in een verpleegtehuis en thuiswonende ouderen. Beide groepen zijn meegenomen, omdat voor deze groepen nog geen specifieke richtlijnen zijn opgesteld voor het creëren van een comfortabel en gezond binnenklimaat.

De comfortrange van bewoners of thuiswonende ouderen voor de temperatuur verschilt sterk tussen de verschillende studies, zoals te zien in Tabel 6. Gemiddeld is de minimumwaarde van de comfortrange $20,6 \pm 3,0^\circ\text{C}$ en de maximumwaarde $26,3 \pm 2,6^\circ\text{C}$. Hierbij wijken niet alleen de minimale en maximale temperaturen af tussen de onderzoeken, ook de breedte van de temperatuurrange verschilt sterk.

Tabel 6. Overzichtstabel uitkomsten thermische sensatie, neutrale temperatuur (bewoners vs. personeel) en comfortrange; **kwantitatieve** uitkomsten.

Nr.	1e Auteur	Score	Onderzoeksgroep	N	Klimaat ^[1]	Periode	MTSV	T _n	Comfort range
19	Yi (2020)	2,5	Ouderen verpleeghuis Met en zonder dementie	34 / 35	Engeland Cfb	Jaar			22,8 - 23,6°C.
5	Forcada (2020)	2,5	Ouderen verpleeghuis	476	Spanje Csa	Zomer	Bew: MTSV=0,284* T _{op} -7,169 Pers: MTSV=0,560* T _{op} -13,4	Bew: 24,4°C Pers.: 23,5°C	23,2-28,4 (PPD=10%)
27	Forcada (2021)	2,4	Ouderen verpleeghuis - Air Conditioning	182- 328	Spanje Csa	Jaar	Bew: MTSV=0,10* T _{op} -2,3 Pers: MTSV=0,30* T _{op} -6,84	Bew: 24,6°C (zomer) Bew: 23,1°C (winter)	
29	Forcada (2021)	2,3	Ouderen verpleeghuis - Natuurlijke vent.	972	Spanje Csa	Jaar	Bew: MTSV=0,12* T _{op} -2,8 Pers: MTSV=0,32* T _{op} -6,95	Bew: 24,1°C	
29	Forcada (2021)	2,3	Ouderen verpleeghuis	797	Spanje Csa	Winter	Bew: MTSV=0,115* T _{op} -2,484 Pers: MTSV=0,335* T _{op} -7,331	Bew: 21,6°C Pers: 21,9°C	21,6-22,9°C (PPD=10%)
21	Zheng (2022)	2,3	Ouderen verpleeghuis	213	China Dwa	Jaar	Jaar: MTSV= 0,076 T _{op} -1,548 Winter: MTSV= 0,068 T _{op} p- 1,312 Tussen: MTSV= 0,126 T _{op} -2,856 Zomer: MTSV= 0,135 T _{op} -3,250	Winter: 19,4 Tussen: 22,6 Zomer: 24,1	
12	Tartarini (2018)	2,3	Ouderen verpleeghuis	322	Australië Cfa en Cfb	Zomer Winter		Bew: 23,2°C Pers: 22,3°C	
37	Jin (2022)	2,3	Ouderen, verpleeghuis	11	Schotland Cfb	Winter Voorjaar	MTSV=0,09 T _{op} -1,91	Bew: 21,7°C	
50	Hwang (2010)	2,3	Ouderen, eigen woning	86	Taiwan Cfa	Zomer Winter	Zomer: MTSV = 0,39* T _{op} -9,84 Winter: MTSV = 0,28* T _{op} -6,5	Winter: 23,2°C Zomer: 25,2°C	Winter: 20,5-25,9°C (20% PPD) Zomer: 23,2-27,1°C (20% PPD)
1	Baquero (2022)	2,2	Ouderen verpleeghuis	1232	Spanje Csa	Zomer	Bew: MTSV=0,156* T _{op} -4,02 Pers: MTSV=0,356* T _{op} -8,25	Bewoners: 25,6°C Personeel: 23,2°C	19,4-32,3°C (PPD=25%)
39	Li (2022)	2,2	Ouderen, verpleeghuis	187	Mongolië BSk	Winter	MTSV = 0,20446 T _{op} - 4,15	20,3°C	15,5-25,6°C (PPD=20%) 17,5-23,5°C (PPD=10%)
33	Gupta (2021)	2,2	Ouderen verpleeghuis	110	Londen Cfb	Zomer		Bew: 27,5°C Pers: 27°C	
43	Wang (2018)	2,1	Ouderen verpleeghuis	1040	Shanghai Cfa	Jaar		Winter: 16,7°C Tussen: 24,6°C Zomer: 25,1°C	
46	Wong (2009)	2,1	Ouderen verpleeghuis	440	Hong Kong Cfa	Zomer		Bew: 25,8°C	25,6-26,3°C (PPD=10%)
9	Martins (2020)	1,8	Ouderen eigen woning	71	Australië BSk, Csa en Csb	Zomer Winter		Bsk=20,4°C Csb=23,7°C Csa=26°C	
12	Tartarini (2018)	1,8	Ouderen, verpleeghuis	322	Australië Cfa en Cfb	Zomer Winter		Winter, bew: n.s. Winter, Pers: 21,2°C Zomer, bew: 22,9°C Zomer, Pers: 22,0°C	17,9-27,4 °C (PPD=20%) 19,1-26,2°C (PPD=10%)

^[1] Klimaatclassificaties van Köppen: <https://klimaatinfo.nl/informatie/klimaatclassificatie-van-koppen/>

Tabel 7. Overzichtstabel uitkomsten thermische sensatie en comfort; **kwalitatieve** uitkomsten.

Nr	1e Auteur	Onderzoeksgroep	Score	N	Klimaat	Periode	Effect op comfort
3	Childs (2020)	Ouderen verpleeghuis Met en zonder dementie	2,7	34 / 35	Engeland Cfb	Jaar	Grote spreiding tussen personen in (huid-)temperaturen en thermische sensatie. Thermische sensatie, oortemperatuur, vingertemperatuur en temperatuurgradiënten waren significant anders bij groep met dementie. Maar verschil tussen groep met en zonder dementie mogelijk toe te schrijven aan verschil omgevingstemperatuur.
19	Yi (2022)	Ouderen verpleeghuis Met en zonder dementie	2,5	34 / 35	Engeland Cfb	Jaar	Verband tussen distale huidtemperatuur en TS voor ouderen, maar niet voor groep met dementie.
51	Yan (2022)	Ouderen	2,4	16	Labstudie		Gedurende de nacht in de slaapkamer ervaring warmer bij 30 °C met verhoogde luchtsnelheid dan bij 27 °C.
37	Jin (2020)	Ouderen verpleeghuis	2,3	11	Schotland Cfb	Winter	Grote spreiding in TSV bij vergelijkbare temperatuur. Ervaren vochtigheid negatief gecorreleerd met RV. Geen correlatie ervaren vochtigheid en AV.
41	Tao (2020)	Ouderen verpleeghuis	2,2	394	Hong Kong Cfa	Zomer Winter	Grootste deel respondenten neutraal in de range: Zomer 24-27 °C Winter 22,4-23,6°C Zomer: PMV-waarde gemiddeld 0,3 lager dan TSV. Winter: PMV-waarde gemiddeld 0,13 hoger dan TSV.
33	Gupta (2021)	Ouderen verpleeghuis	2,2	110	Londen Cfb	Zomer	In interviews geven bewoners aan minder last te hebben van de warmte (ze beschrijven daarbij ook de plekken waar ze gaan zitten, zoals schaduw en een tocht). Zorgpersoneel geeft echter aan dat het te warm is.
44	Webb (1998)	Patiënten met fysieke beperking.	2,2	16	Labstudie		Gemiddeld komt thermische sensatie van mensen met en zonder fysieke beperking goed overeen met de voorspelde PMV waarde. Individuele thermische sensatie laat grotere spreiding zien (bij PMV=-1,5 en PMV=0) bij de groep met fysieke beperking dan bij de groep zonder fysieke beperking
35	Hughes (2019)	Ouderen, eigen woning	2,1	1046	Engeland Cfb	Winter	Geen sterk verband tussen PMV en TSV.
2	Bouzidi (2021)	Gehandicapte volwassenen	1,9	37	Frankrijk Cfb	Zomer	TS is hoger (warmer) dan voorspelt met PMV model. Voor temperatuurrange 24,5-27.2°C: - Gemiddelde TS bewoners tussen 1,13-1,69 - Gemiddelde TS zorgpersoneel tussen 0,26-0,9 Hypothese dat zorgpersoneel meer mogelijkheden hebben voor adaptief gedrag (kleding, openen van ramen, activiteit etc.).
7	Hansen (2022)	Ouderen, eigen woning	1,9	303	Australië BSk, Csa en Csb	Jaar	Voorkeurtemperatuur mannen 24,2°C hoger dan voor vrouwen 22,8°C. Respondenten boven 85 jaar gaven vaker aan dat ze de voorkeur hadden voor een warmere of koelere omgeving dan respondenten tussen 65-69 jaar.
61	Shen (2023)	Patiënten, personeel en bezoekers ziekenhuis en zorgcentra	1,9		Literature review		Thermisch comfort heeft grootste invloed op beleving IEQ. Tevredenheid voor temperatuur wordt uiteindelijk voornamelijk beïnvloed door lichaamstype, leeftijd, kledingniveau, activiteitsniveau, gender en variërende klimaatcondities per land en per persoon. Patiënten hebben een lagere thermoneutrale temperatuur dan gezonde personen i.v.m. vertraagde warmtesensatie. Persoonlijke/ gezonde ventilatie en persoonlijke/ gezonde temperatuurregeling hebben de voorkeur over centrale systemen. Persoonlijke controle over systemen bevordert comfortbeleving van de temperatuur.
9	Martins (2020)	Ouderen eigen woning	1,8	71	Australië BSk, Csa en Csb	Zomer Winter	T _{neutraal} = 25,1°C voor mannen en 23,6°C voor vrouwen. Respondenten boven 85 jaar gaven vaker aan dat thermische sensatie afwijkt van 0 dan 65-69 jaar oude respondenten. Zelf ingeschatte gezondheid was positief gecorreleerd aan thermische sensatie: een negatieve score is gelinkt aan een koudere thermische sensatie.

24	Akili (2021)	Patiënten, gehandicapte kinderen	1,8	47	Frankrijk Cfb	Winter	Patiënten hadden een lagere (koelere) thermische sensatie dan zorgpersoneel. MTSV van patiënten was ook lager dan PMV (ongeveer 0,14).
62	Younes (2023)	Ouderen	1,7	197	Labstudie		De thermische sensitiviteit neemt sterk af bij het ouder worden, waarbij warmtestimulansen sneller afnemen dan koude stimulansen. Het afnemen van TS is non-uniform over het lichaam.

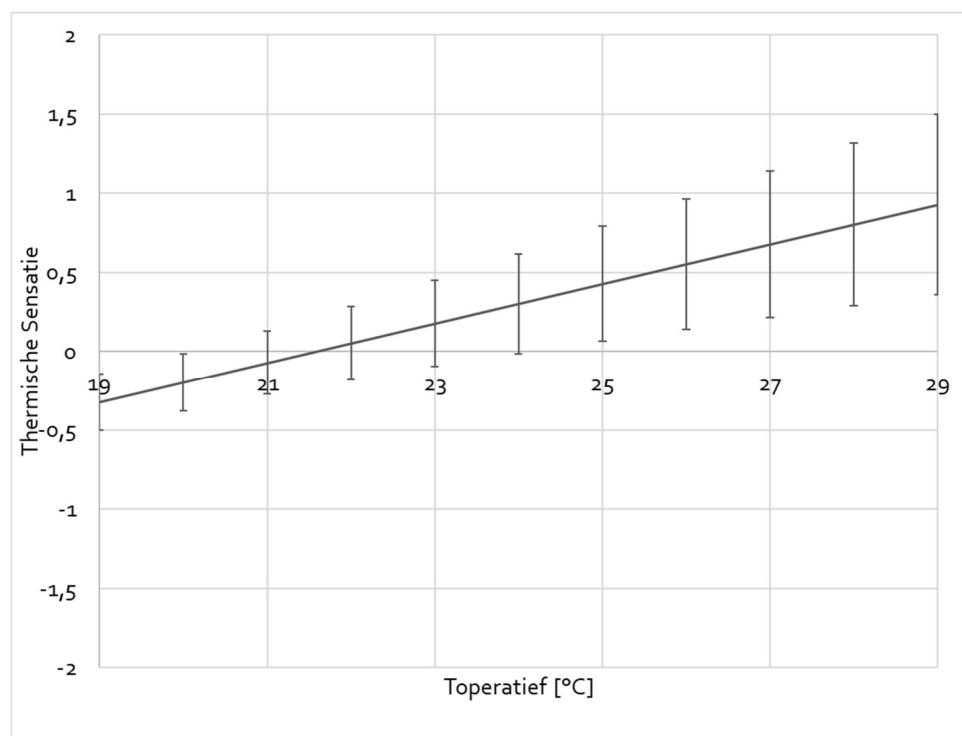
4.2.1 Invloed buitenklimaat en seizoen

In Tabel 6 is te zien dat de thermoneutrale temperatuur (T_n) voor bewoners en thuiswonende ouderen verschilt tussen de seizoenen en de verschillende buitenklimaten. In onderstaande tabel is deze T_n gegroepeerd. De thermoneutrale temperatuur in de winter is gemiddeld $4,8 \pm 1,05^\circ\text{C}$ lager dan in de zomer.

Tabel 8. Thermoneutrale temperatuur voor bewoners of thuiswonende ouderen uit de overzichtstabel gegroepeerd per seizoen en per klimaatzone [1-15]

	Klimaatzones ³ in relatie tot thermoneutrale temperatuur						
Klimaatzone	Bsk	Cfa/Cfb	Cfa	Cfb	Csa	Csb	Dwa
Type klimaat	Koud steppeklimaat	Warm / gematigd zeeklimaat	Warm zeeklimaat	Gematigd zeeklimaat	Warm mediterraan klimaat	Gematigd mediterraan klimaat	Warm landklimaat, droge winters
Typerende regio waar klimaatzone voorkomt	Mongolië/ Turkije	Zuidwest Australië	Oost China (Shanghai)	Nederland	Spanje	Zuidwest Australië/ Noord Portugal	Noordoost China (Beijing)/ Zuid Korea
Jaar	20,4°C	23,2°C			24,1°C 26°C	23,7°C	
Winter			16,7°C 23,2°C	21,7°C	21,6°C		19,4°C
Tussen			24,6°C				22,6°C
Zomer			25,1°C 25,8°C 25,2°C	27,5°C	25,6°C 24,4°C		24,1°C

Het verband tussen de gemiddelde thermische sensatie (Mean Thermal Sensation Vote of MTSV) en de operatieve binnentemperatuur (T_{op} : het gemiddelde van de stralings- en luchttemperatuur [$^\circ\text{C}$]) is in verschillende studies in kaart gebracht in de kolom "MTSV" (Tabel 6). Om een overzicht te krijgen van de operatieve temperatuur in relatie tot de thermische sensatie is figuur 3 gemaakt. Hierbij is voor de lagere temperaturen en voor de hogere temperaturen een correctie toegepast voor de kledingisolatie en seizoenseffecten met bijbehorende luchtsnelheden. Wanneer er dan op hoofdlijnen gekeken wordt naar de optimale temperatuurrange met een PMV tussen +0,5 en -0,5 wordt een temperatuurrange tussen 19°C en $25,5^\circ\text{C}$ aanbevolen.



figuur 3, Verband tussen de operatieve temperatuur en de gemiddelde thermische sensatie van verpleeghuisbewoners en thuiswonende ouderen gemiddeld over een jaar (gemiddelde \pm standaard deviatie)⁴

³ Klimaatclassificaties van Köppen: <https://klimaatinfo.nl/informatie/klimaatclassificatie-van-koppen/>

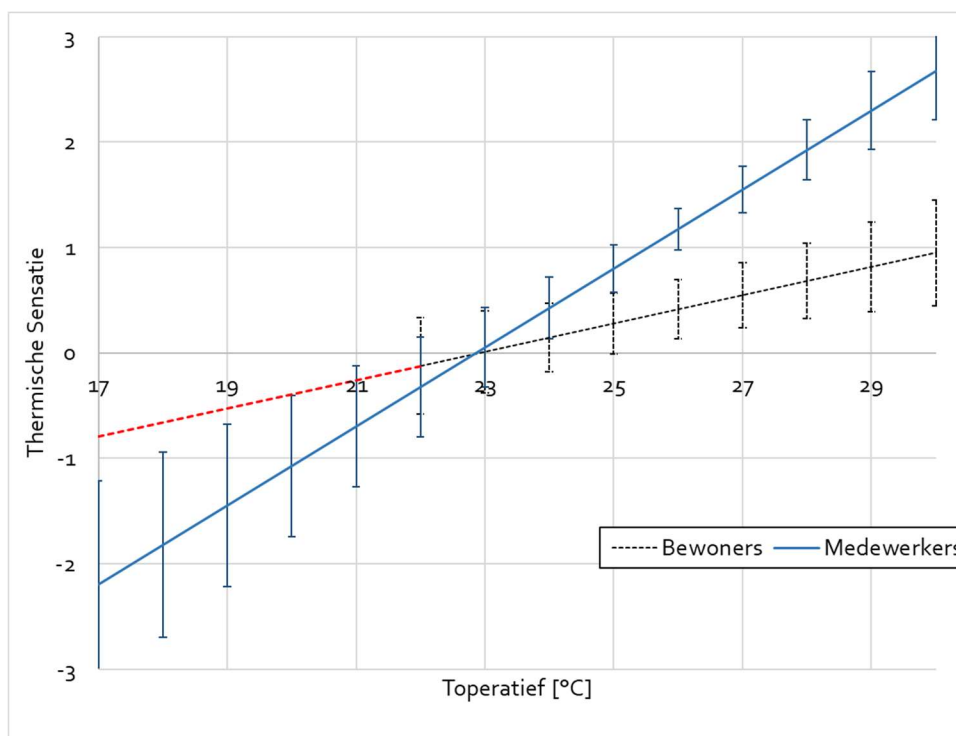
⁴ Resultaten afgeleid van referenties [2]-[9]

4.2.2 Verschillen bewoners en zorgpersoneel

De thermoneutrale temperatuur verschilt tussen bewoners en zorgpersoneel. Op basis van de onderzoeken vermeld in Tabel 6, is het gemiddelde verschil tussen de thermoneutrale temperatuur (T_n) $1,08^\circ\text{C} \pm 0,78^\circ\text{C}$, waarbij in alle beschreven studies de voorkeurstemperatuur voor bewoners hoger ligt dan bij zorgpersoneel. In de volgende paragraaf wordt hier verder op ingegaan.

De mate waarin de gemiddelde thermische sensatie (MTSV) afhankelijk is van de operationele temperatuur (T_{op}), verschilt ook tussen bewoners en zorgpersoneel. In figuur 4 zijn de uitkomsten samengevoegd van alle studies die het verband tussen MTSV en T_{op} in kaart hebben gebracht voor bewoners en zorgpersoneel. Hierin is te zien dat de thermische sensatie van zorgpersoneel in sterkere mate afhankelijk is van de operationele temperatuur dan die van bewoners. In de onderzoeken opgenomen in Figuur 3 is de richtingscoëfficiënt van de vergelijking bij zorgpersoneel groter ($0,22 \pm 0,44^\circ\text{C}$) dan voor bewoners.

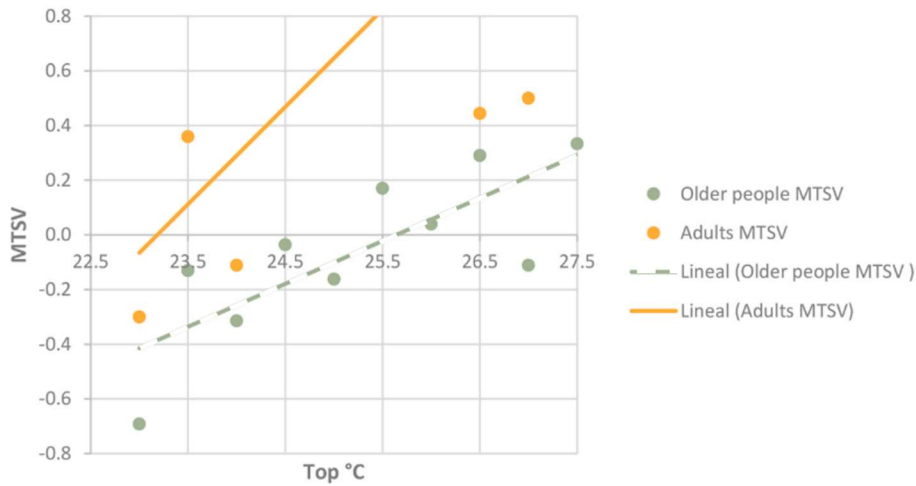
Opvallend in de figuur is dat bewoners het bij lagere temperaturen minder snel koud lijken hebben dan medewerkers. Dit is niet in lijn met andere bevindingen. Daarom dient een kanttekening gemaakt te worden bij de temperatuur van tussen 17 en 22°C (rode stippellijn in figuur 4). Een oorzaak kan liggen bij de verminderde perceptie van temperatuur van ouderen of een verschil in "klaagcultuur". Daarnaast zijn de resultaten van vitale thuiswonende ouderen opgeteld bij de resultaten van bewoners is een verpleegtehuis. Vitale ouderen zijn in het algemeen nog vaak tevreden met wat lagere temperaturen, omdat zij een hoger metabolisme hebben en op tijd hun kleding aan kunnen passen aan de situatie. Een andere oorzaak die kan gevonden worden is dat de temperatuur minder koud ervaren wordt door medewerkers dan is berekend, waarbij metabolisme een belangrijke rol speelt. Deze conclusie ligt meer in lijn bij onder andere de bevindingen van Tartarini et al [16].



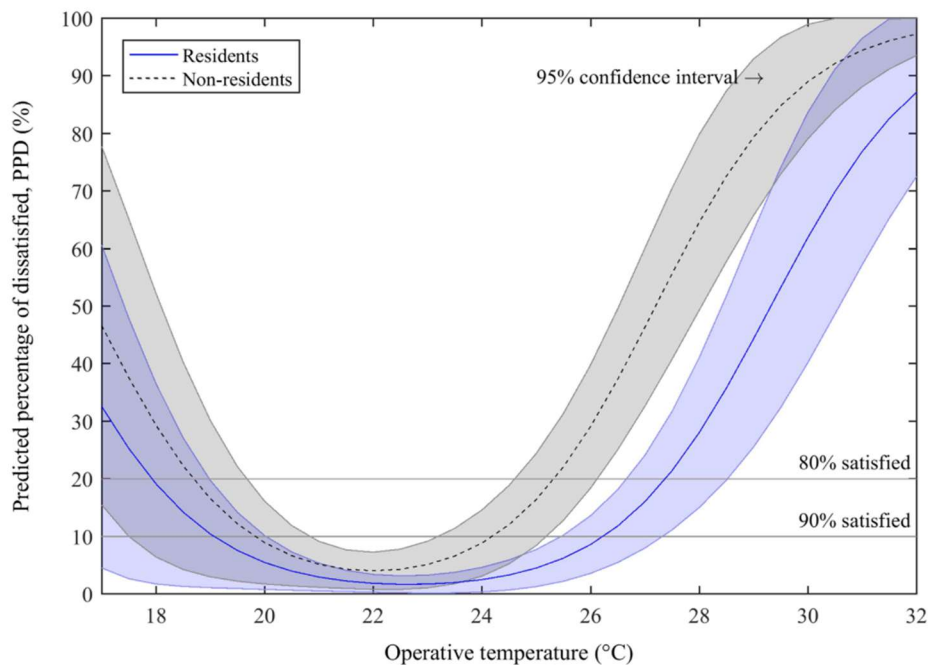
figuur 4, Verband tussen de operationele temperatuur en de gemiddelde thermische sensatie van "Bewoners" (verpleeghuisbewoners en thuiswonende ouderen) en "Zorgpersoneel" (gemiddelde \pm standaard deviatie)⁵

Een ander voorbeeld is terug te vinden in de studie van Baquero et al [17]. In figuur 5 is te zien dat de thermische sensatie score van bewoners lager is bij dezelfde temperatuur en dat de richtingscoëfficiënt lager is. De figuur van Tartarini et al [16] (figuur 6) laat verder zien dat de comfortrange van bewoners gemiddeld groter is dan van zorgpersoneel. Ouderen geven aan minder gevoelig te zijn voor hogere temperaturen dan volwassenen (<65 jaar). In paragraaf 4.4 wordt hier verder op ingegaan.

⁵ Resultaten afgeleid van referenties ([2]-[9])



figuur 5, Verband operatieve temperatuur (T_{op}) en de gemiddelde thermische sensatie (MTSV) voor bewoners en zorgpersoneel (bron: Baquero et al, 2022) [17]



figuur 6, Verband operatieve temperatuur (T_{op}) en percentage ontevreden voor bewoners en zorgpersoneel (bron: Tartarini et al, 2018) [16].

Het verschil in comfort range wordt o.a. in de studie van Gupta et al [18] behandeld. Bij dit onderzoek gaven bewoners in de interviews aan dat ze minder last hebben van de warmte dan zorgpersoneel en dat ze daarbij ook koelere plekken opzoeken om te gaan zitten zoals in de schaduw en plekken met tocht. In hetzelfde onderzoek gaf zorgpersoneel juist aan wel last te hebben van de warmte. Dat bewoners minder snel last hebben van de warmte kan worden verklaard door de studie van Younes et al [19]. Volgens dat onderzoek neemt namelijk de thermische sensitiviteit in versnelde mate af tijdens het ouder worden, waarbij fysiologisch gezien de mogelijkheid tot het waarnemen van warmte stimulansen sneller afneemt dan de mogelijkheid tot waarnemen koude stimulansen. Daarnaast is het activiteitsniveau van de verpleging hoger wat tot een hoger metabolisme leidt.

4.2.3 *Effect van verschillende factoren op thermische sensatie*

Volgens van Hoof & Hensen [20] gaat ouder worden gepaard met een aantal fysiologische veranderingen die effect hebben op de temperatuurbeleving, waaronder de onderstaande kenmerken. In paragraaf 4.4 wordt hier overigens nog verder op ingegaan.

- Afname van spiermassa wat leidt tot een verminderde warmteproductie en dus een koudere thermische perceptie.
- De fysiologische aanpassing aan relatief hoge en lage temperaturen vermindert bij een toenemende leeftijd.
- Het warmte regulerend vermogen voor middel van vasomotie (het vernauwen en verwijden van bloedvaten, waarmee de lichaamstemperatuur kan worden geregeld) is verminderd. Hierdoor zijn ouderen gevoeliger voor extreme temperaturen.
- Een verminderd zweetvermogen om warmte goed kwijt te kunnen.

Childs et al. [21] onderzochten de relatie tussen thermische sensatie en fysiologische parameters onder verpleeghuisbewoners met en zonder dementie. Hierin was een grote spreiding te zien tussen de thermische sensatie en huidtemperaturen tussen de respondenten. Daarnaast was er een significant verschil in deze parameters tussen de groep met en zonder dementie. Echter week de omgevingstemperatuur tussen beide groepen ook significant af.

Yi et al [22] onderzochten of er een verband is tussen de distale huidtemperaturen van ouderen met en zonder dementie en hun thermische sensatie. In het onderzoek van Yi et al. is dit verband aangetoond voor ouderen zonder dementie. In de groep met mensen met dementie was er echter geen verband tussen de thermische sensatie en distale (een lichaams-onderdeel dat verder van het centrum van het lichaam ligt dan een ander lichaamsdeel) huidtemperaturen. Meer over temperatuur in relatie tot het dementiesyndroom wordt behandeld in paragraaf 4.4.

Webb et al, [23] onderzochten de thermische sensatie van mensen met verschillende fysieke beperkingen. Op groepsniveau kwam de thermische sensatie goed overeen met de voorspelde PMV-waarde. De individuele spreiding van de thermische sensatie was echter groter voor de groep met een fysieke beperking dan in de groep zonder fysieke beperking.

Uit onderzoek van Bouzidi et al [24] bij gehandicapte volwassenen kwam naar voren dat de gemiddelde werkelijke thermische sensatie van deze groep hoger was dan voorspeld met het PMV model en hoger dan die van het zorgpersoneel: respectievelijk een thermische sensatie score tussen +1,13 en +1,69 voor bewoners en +0,26 tot +0,9 voor zorgpersoneel (bij een schaal van -3 tot +3 en een temperatuurrange van 24,5-27,2°C). De studie van Akili et al [25] onder gehandicapte kinderen laat juist zien dat de patiënten een lagere thermische sensatie hadden dan de zorgpersoneel en dan voorspeld aan de hand van het PMV model.

In veel studies met een meer homogene doelgroep is ook te zien dat er een grote spreiding is tussen de individuele thermische sensatie bij hetzelfde thermisch binnenklimaat [26]. De studie van Hughes et al [27] vond geen sterk verband tussen de PMV waarde en de werkelijke thermische sensatie (TSV) bij gezonde thuiswonende ouderen.

Twee studies die de thermische sensatie van mannelijke en vrouwelijke bewoners met elkaar vergeleken, concludeerden dat de voorkeurstemperatuur van mannen hoger was dan van vrouwen [28][29]. Dit in tegenstelling tot andere onderzoeken, waaruit blijkt dat bij gezonde volwassenen het juist andersom geldt. Ook concludeerden de onderzoeken [28][29] dat respondenten boven de 85 jaar vaker ontevreden waren over de temperatuur dan respondenten tussen de 65-69 jaar.

Ook de studie van Shen et al [30] laat zien dat de beleving van thermisch comfort door patiënten in ziekenhuizen en zorginstellingen beïnvloed wordt door verschillen in gender, waarbij PPD-waarden voor mannen hoger zijn dan voor vrouwen in de zomer en in de winter. Daarnaast wordt de thermische tevredenheid bepaald door lichaamstype, leeftijd, kledingniveau en activiteitsniveaus per persoon en klimaatcondities per land. Ook wordt in dit onderzoek aangekaart dat er verschillen zijn in warmteperceptie tussen (1) patiënten en zorgverleners en (2) zorgverleners onderling. Uit het onderzoek komt naar voren dat de verschillen in temperatuurperceptie tussen zorgverleners onderling vooral worden bepaald door verschillen in activiteitsniveaus en gender. Een arts die bijvoorbeeld een ronde doet langs patiënten heeft een ander activiteitsniveau dan een verpleegkundiger die hoog metabolische activiteiten uitvoert zoals iemand uit bed tillen of iemand aankleden.

4.2.4 Overwegingen in relatie tot bepaling temperatuurgrenswaarden

Er zijn slechts een beperkt aantal studies gevonden die de relatie tussen het thermisch binnenklimaat en gezondheidsparameters in verpleeghuizen hebben onderzocht (zie Tabel 9). De studie van Yan et al. [31] toont aan dat de slaapkwaliteit van ouderen significant beter is bij een temperatuur van 27°C in vergelijking met 30°C in combinatie met een verhoogde luchtsnelheid. Zowel fysiologische parameters als de ervaring na wakker worden onderschrijven dit effect. Echter dient er met dit resultaat wel rekening gehouden te worden dat de studie in een laboratorium is uitgevoerd. De proefpersonen zijn één nacht per conditie blootgesteld, waarbij zij vooraf één nacht de tijd hadden om te wennen aan de situatie.

Jin et al. [26][32] onderzochten in twee studies het verband tussen de luchtvochtigheid en de hydratatie van de huid. Uit beide onderzoeken komt een beperkt verband, waarbij met name de absolute luchtvochtigheid in combinatie met temperatuur een rol blijkt te spelen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat er een grote spreiding is in de resultaten.

Andere onderzoeken uitgevoerd in verpleeghuizen of in de eigen woning van ouderen geven aanvullende indicaties dat de binnentemperatuur kan bijdragen aan gezondheid en welzijn van (oudere) gebouwgebruikers:

- Geagiteerd gedrag bij mensen met dementie komt vaker voor wanneer zij voor langere duur zijn blootgesteld aan temperaturen >26°C of <20°C [33].
- Zelf-ingeschatte gezondheid en de invloed van de omgeving op de gezondheid neemt af bij temperaturen boven de 28°C en onder de 15°C in de eigen woning [34].
- Indicatie dat het domein “psychologische gezondheid” als onderdeel van de beoordeling van kwaliteit van leven, afneemt bij een PMV waarde in het verpleeghuis lager dan -0,7 [35].
- Het aantal bezoeken aan de huisarts lijkt niet gerelateerd aan de ruimtetemperatuur in de eigen woning. Wel is er in het onderzoek van Hughes et al [27] een verband gevonden tussen een lagere ruimtetemperatuur en bezoek vanwege luchtwegklachten. Echter is de spreiding in de ruimtetemperatuur in het onderzoek groot.

In paragraaf 4.4 wordt hierop verder ingegaan.

Tabel 9, Overzichtstabel uitkomsten gezondheid en welzijn

Nr.	1e Auteur	Score	Onderzoeksgroep	N	Klimaat	Periode (datum)	Invloed op gezondheid & welzijn
51	Yan (2022)	2,4	Ouderen	16	Labstudie Onderzoeksl ocatie Shanghai	Zomer	Slaapkwaliteit beter bij 27 graden in vergelijking met 30 graden i.c.m. blootstelling aan luchtsnelheid van 0,7 m/s: Slaapduur bleek bij de lagere temperatuur +52 minuten meer te zijn, Sleep efficiency nam toe met +11%, REM slaap nam toe met: +11 minuten. De ouderen gaven verder aan zich frisser te voelen bij het opstaan. Er werd geen effect gevonden op: Zuurstofsaturatie en op Biomarkers (cortisol en lysozym)
35	Hughes (2019)	2,1	Ouderen, eigen woning	1046	Engeland Cfb	Winter	In de basis is er geen verband tussen temperatuur in de woning van ouderen en het aantal bezoeken aan de huisarts. De temperatuur in de woning van personen die voor luchtwegklachten naar de huisarts gingen, was wel lager (maar grote range).
38	Jin (2022)	2,1	Ouderen, verpleeghuis	11	Schotland Cfb	Voorjaar	Geen verband RV of temperatuur en hydratatie van de huid. Wel indicatie rol absolute vochtigheid.
8	Mendes (2017)	2,0	Ouderen verpleeghuis	142	Portugal Csb	Zomer winter	Beperkte relatie tussen PMV waarden en kwaliteit van leven. Wel indicatie dat PMV waarden >-0,7 leiden tot een hogere score op psychologische gezondheid dan PMV < -0,7.
23	Tartarini (2017)	1,9	Ouderen met dementie	21	Australië (Cfa)	Jaar	Geagiteerd gedrag kwam vaker voor wanneer bewoners langer blootgesteld waren aan temperaturen hoger dan 26 graden en lager dan 20 graden.
7	Hansen (2022)	1,9	Ouderen, eigen woning	303	Australië BSk, Csa en Csb	Jaar	Twee-derde van de respondent geeft aan dat de omgeving een negatieve invloed heeft op gezondheid en welzijn bij temperaturen buiten de 15-28°C. Ook zelf-ingeschatte gezondheid neemt af boven de 28°C en onder de 15°C.

4.2.5 Conclusie thermische sensatie en comfort

Voor de temperatuurrange wordt aanbevolen om standaard uit te gaan van een thermische sensatie waarmee minimaal 90% van de gebruikers tevreden is met de temperatuur.

Winter

In de winter wordt op basis van de literatuur en vanuit de adviesgroep geadviseerd om voor vitale ouderen (60-75 jaar) een thermoneutrale operationele temperatuur aan te houden van 22°C +/- 3°C, dus tot een uitloop tussen 19°C en 25°C. Voor kwetsbare ouderen met medische complicaties of ouderen met de leeftijd >75 jaar, wordt aanbevolen om de ondergrens op 21°C te leggen, en met een voorkeursgrens op 22°C op individueel niveau. Dit is ook in lijn met de aanbevelingen van ISO 14415, waarbij een range van $0 < PMV < +0,5$ voor de winter wordt aanbevolen voor 'people with special requirements'. Geadviseerd wordt om in instellingen waar ouderen met dementie langdurig verblijven de temperatuur in de winter nooit onder de 20°C uit te laten komen in verband met de invloed van de omgevingstemperatuur op geagiteerd gedrag.

De operationele temperatuur is het gemiddelde van de luchttemperatuur en stalingstemperatuur. Voor extra lokaal comfort kan er gewerkt worden met aanvullende stralingselementen, zoals een infraroodverwarming, waarmee de lokale operationele temperatuur van een individu verhoogd kan worden (er is dan niet meer sprake van een gemiddelde van de lucht- en stralingstemperatuur). Hierdoor kan in geval van een ruimte met verschillende groepen mensen met verschillende medische achtergronden op individueel niveau de temperatuur geregeld worden.

Bij verpleegtehuizen met kwetsbare ouderen kan op ruimte niveau een temperatuur van 20°C voldoen. Op plekken waar bewoners daadwerkelijk gaan zitten zullen er aanvullende maatregelen getroffen moeten worden om de operationele temperatuur op lokaal niveau richting de 22°C te krijgen of hoger wanneer noodzakelijk.

Zomer

Voor de zomer wordt voor vitale ouderen een thermoneutrale temperatuur geadviseerd van 25°C +/- 2°C, dus met een uitloop van 23°C tot 27°C. Ook hierbij wordt een limiet geadviseerd voor ouderen met dementie in langdurige verpleeghuizen van maximaal 26°C in verband met geagiteerd gedrag. De geadviseerde waarden voor de zomer en de winter komen relatief goed overeen met de waarden beschreven in o.a. het overzichtsartikel van Tartarini et al. [16].

Andere cliënt doelgroepen

Naast ouderen maken ook andere doelgroepen gebruik van langdurige zorginstellingen, zoals mensen met een handicap of mensen met een psychische aandoening en/of verslaving. Ten aanzien van deze doelgroepen worden in de literatuur geen specifieke temperatuureisen weergegeven.

Voor mensen, waaronder ook ouderen, die bepaalde medicijnen gebruiken wordt geadviseerd om oplossingen op maat te bieden voor wat betreft temperatuur. De thermische regulatie van personen is namelijk erg afhankelijk van het type medicijnen en/ of individuele fysieke en of cognitieve beperkingen. Een persoonlijk systeem, zoals microklimatisering met tafelventilatoren of integratie van koeling/verwarming in stoelen en bedden kan dan ook gewenst zijn.

Zorgpersoneel

De temperatuurgrens voor personeel is een ander verhaal. Dit hangt onder andere samen met het metabolisme en kledingisolatiewaarde. In de volgende paragraaf wordt hier verder op ingegaan.

4.3 Adaptief gedrag

4.3.1 Kledingisolatiewaarde (clo)

Het aanpassen van de hoeveelheid kledingisolatie is een veel gebruikte strategie om thermisch comfort te verhogen. Met behulp van de studies vermeld in Tabel 10, is te zien dat zowel bewoners als zorgpersoneel van verpleeghuizen hun kleding aanpassen aan het seizoen en aan de heersende operationele temperatuur. Op basis van vier studies, wordt geconcludeerd dat bewoners van verpleeghuizen [36][37][17] en ouderen in hun eigen woning [38] hun kledingisolatie gemiddeld met 0,051 clo veranderen per °C (operationele) temperatuur.

Bij het vergelijken van de kledingisolatie tussen verpleeghuisbewoners en zorgpersoneel valt op dat bewoners gemiddeld genomen een hogere kledingisolatie hebben dan zorgpersoneel. Op basis van de studies in Tabel 10 is dit verschil gemiddeld $0,29 \text{ clo} \pm 0,22$. Het aanpassen van de clo-waarde van zorgpersoneel is volgens Gupta et al [18] echter beperkt ten opzichte van bewoners vanwege het moeten dragen van een uniform. In Nederland bijvoorbeeld moet zorgpersoneel soms specifieke kleding (uniform) dragen conform de kledingvoorschriften die gelden. Deze kunnen per instelling enigszins variëren.

Ook het activiteitsniveau van bewoners en zorgpersoneel verschilt. Zie hiervoor de laatste kolom in Tabel 10. Op basis van de tabel is het metabolisme van zorgpersoneel gemiddeld genomen $0,35 \pm 0,12$ MET hoger dan van bewoners. Dit heeft effect op de thermische sensatie van personeel en kan tot wel $1,5-2^{\circ}\text{C}$ verschillen met de comforttemperatuur voor ouderen bij het gebruik van een gelijke kledingisolatiewaarde. Dit is voornamelijk het geval in de zomer, waarbij zorgpersoneel en bewoners beide zomerse kleding dragen (met een lage clo-waarde), maar het metabolisme verschilt. In de winter is dit effect iets minder groot, omdat de effecten van een hoger metabolisme van zorgpersoneel kunnen worden gecompenseerd door het dragen van luchtigere kleding met een lagere clo-waarde.

Een soortgelijke conclusie wordt getrokken in het onderzoek van Tartarini et al. [16] in figuur 5. Wanneer er een kantoorsetting is gefaciliteerd in het zorgcomplex, wordt aanbevolen om temperatuurgrenzen aan te houden van het Programma van Eisen Gezonde Kantoren. Deze eisen worden ook aanbevolen voor overige (niet-kantoor) ruimtes waar enkel personeel aanwezig is.

De studie van Li et al [39] vond ook nog een effect van leeftijd: bij een toenemende leeftijd nam de kledingisolatie verder toe (van $1,27$ clo gemiddeld voor de leeftijdscategorie 60-69 jaar tot $1,41$ clo bij ouderen ≥ 80 jaar). Daarnaast heeft het cognitieve vermogen van ouderen invloed op de kledingwaarde. In tegenstelling tot bewoners zonder cognitieve beperking, passen bewoners met dementie volgens de studie van Yoon et al hun kleding niet aan de omgevingstemperatuur aan [22]. Tijdens hetzelfde onderzoek bleek ook dat de kledingisolatie van de bewoners met dementie jaargemiddeld $0,1$ clo hoger is dan van bewoners zonder dementie.

Ook heeft de mobiliteit van bewoners invloed op de totale kledingisolatie. De kledingisolatie van bedlegerige bewoners is beduidend hoger dan die van meer mobiele bewoners [40]. Dit is ook onderzocht in het onderzoek van Tejedor et al [4]. Personen die minder mobiel of bedlegerig zijn hebben naast de eigen kledingisolatiewaarde ook te maken met de isolatiewaarde van een rolstoel of matras. Volgens Tejedor et al is de clo-waarde van een reguliere stoel hierbij gelijk aan $0,1$, van een rolstoel gelijk aan $0,12$ en van een stoel met leuningen aan $0,15$. Dit komt overeen met een extra kledingisolatie waarde zoals gezonde personen ervaren bij het aantrekken van een vest (clo= $0,12$) of een shirt met korte mouwen (clo= $0,15$).

Tot slot is volgens de studie van Yang et al [41] uitgevoerd in Korea bij ouderen in verzorgingstehuizen de clo-waarde ook afhankelijk van het seizoen, waarbij de clo vooral in tussenseizoenen (lente/ herfst) veel variatie geeft per persoon en per kledingstuk.

4.3.2 *Andere strategieën voor thermische adaptatie*

Naast het aanpassen van de kledingisolatiewaarde, zijn er ook andere strategieën mogelijk die gebruikt kunnen worden om het thermisch comfort te verbeteren, waaronder:

- Het openen of sluiten van ramen ter bevordering van koeling (verpleeghuizen [42][43] en eigen woning [38])
- Wel of niet in de zon zitten (verpleeghuizen [42])
- Aanpassen van activiteitsniveau (verpleeghuizen [44] en eigen woning [28])
- Verhogen van de luchtsnelheid met tafelventilatoren (verpleeghuizen[43][45] en eigen woning [38])
- Gebruik koeling (verpleeghuizen [43])
- Gebruik verwarming (verpleeghuizen [43])
- Gebruik van lokale klimatiseringsvoorzieningen / microklimatisering (denk bv. aan verwarming geïntegreerd in stoelen [30])
- Nemen van een (warm) bad [43])

4.3.3 *Conclusie adaptief gedrag*

De kledingisolatiewaarde heeft effect op de temperatuurbeleving van bewoners. Doordat kleding afhankelijk is van verschillende factoren, en dus persoonsgebonden is, wordt aanbevolen om rekening te houden met het verschil in clo-waarde en met-waarde tussen bewoners en zorgpersoneel bij het toepassen van de prestatierichtlijnen. Een eenduidige waarde voor kledingisolatiewaarde wordt dan ook niet aanbevolen om op te nemen. Wel hebben de kledingisolatiewaarde en metabolisme impact op de comfortgrenzen van bewoners en verplegend personeel. Daarom wordt aanbevolen om naast de vastgestelde temperatuurgrenzen ook per ruimte nog te kijken naar de toegepaste temperaturen. In de zomer dient hierbij rekening gehouden te worden dat de voorkeurstemperaturen van verplegend personeel $1,5-2^{\circ}\text{C}$ lager kunnen liggen dan die van bewoners. In de winter is dit verschil minder groot.

Aanvullende strategieën voor thermische adaptatie (los van kledingaanpassing zijn legio (zie paragraaf 4.3.2); onder meer de toepassing van microklimatisering lijkt in instellingen voor langdurige zorg interessant (bijvoorbeeld in de gemeenschappelijke ruimten). Hiermee kan het verschil in voorkeurstemperaturen lokaal worden ondervangen.

Tabel 10, Overzichtstabel uitkomsten kledinggebruik en ander adaptief gedrag

Nr.	1e Auteur	Score	Onderzoeks-groep	N	Land en klimaatklasse	Seizoen	Effect op gedrag	Kleding isolatie (clo)	Activiteitsniveau (MET)
19	Yi (2022)	2,5	Ouderen verpleeghuis Met en zonder dementie	34 / 35	Engeland Cfb	Jaar	Niet dementerenden: Iclo afhankelijk van T_{op} Dementerenden: Iclo onafhankelijk van T_{op}	Gemiddeld Dementie: 0,7 clo Geen dementie: 0,6 clo (0,5-0,7)	
5	Forcada (2020)	2,5	Ouderen verpleeghuis	476	Spanje Csa	Zomer	Bewoners aanpassing activiteit en temperatuur. Zorgpersoneel aanpassing kleding.	Bewoners 0,57 clo Zorgpersoneel 0,49 clo	Bewoners 1,18 MET Zorgpersoneel 1,48 MET
29	Forcada (2021)	2,3	Ouderen verpleeghuis	797	Spanje Csa	Winter		Bewoners 0,89 clo Zorgpersoneel 0,67 clo	Bewoners 1,15 MET Zorgpersoneel 1,44 MET
21	Zheng (2022)	2,3	Ouderen verpleeghuis	213	China Dwa	Jaar	Kleding afhankelijk van seizoen en T_{op}	Zomer: 0,4 (0,2-0,73) clo Tussen; 1,01 (0,29-2,32) clo Winter: 1,51 (0,59-2,56) clo Iclo = $-0,071 * T_{op} + 2,57$ ($R^2=0,658$)	
12	Tartarini (2018)	2,3	Ouderen verpleeghuis	322	Australië Cfa en Cfb	Zomer & Winter	Zorgpersoneel kleding afhankelijk van T_{op} Zorgpersoneel en bewoners; verhogen luchtsnelheid t.b.v. thermisch comfort.	Bewoners: 1,03 clo Zorgpersoneel: 0,62 clo.	Bewoners 0,96±0,34 met Niet bewoners 1,22±0,15 met
50	Hwang, (2010)	2,3	Ouderen, eigen woning	86	Taiwan Cfa	Zomer & Winter	Zomer: raam openen, kleding en ventilator. Winter: kleding. Ouderen hogere kledingisolatie.	Ouderen: Iclo = $2,37 - 0,07 * T_{op}$ ($R^2=0,70$) Niet ouderen: Iclo = $1,75 - 0,05 * T_{op}$ ($R^2=0,46$)	
1	Baquero (2022)	2,2	Ouderen verpleeghuis	1232	Spanje Csa	Zomer	Iclo hoger bij bewoners. Iclo afhankelijk van T_{op}	Ouderen: 0,65 (0,1-1,6) Zorgpersoneel: 0,46 (0,19-0,96) Ouderen: $-0,013 T_{op} + 1,0117$ Zorgpersoneel: $-0,011 T_{op} + 0,719$	Ouderen: 1,04 (0,8-1,6) Volwassenen: 1,57 (1-1,6)
39	Li (2022)	2,2	Ouderen, verpleeghuis	187	Mongolië BSk	Winter	Kledingisolatie afhankelijk van T_{op} Hogere Iclo bij toenemende leeftijd.	Bewoners: 1,36 clo 60-69 jaar: 1,27 70-79 jaar: 1,34 ≥ 80 jaar: 1,41	Bewoners: 1,08 met
41	Tao (2020)	2,2	Ouderen verpleeghuis	394	Hong Kong Cfa	Zomer & Winter	Aangegeven adaptief gedrag: Zomer: koeling (72,3%), ventilatoren (58,7%), kleding(58,2%) openen raam (44,6%). Winter: kleding (88,7%), ramen dicht (34,4%), verwarming (20,2%) en warm bad (8%)		
33	Gupta (2021)	2,2	Ouderen verpleeghuis	110	Londen Cfb	Zomer	Aanpassen kleding zorgpersoneel beperkt vanwege uniform.		
12	Tartarini (2018)	2,2	Ouderen, verpleeghuis	322	Australië Cfa en Cfb	Zomer & Winter	Iclo hoger bij bewoners dan zorgpersoneel. Iclo bedlegerig hoger dan niet-bedlegerige bewoners.	Zomer: bewoners: 0,75 & zorgpersoneel: 0,47 Winter: bewoners: 1,22 & zorgpersoneel: 0,81	
43	Wang (2018)	2,1	Ouderen verpleeghuis	1040	Shanghai Cfa	Jaar	Kleding afhankelijk van seizoen en T_{op}	Zomer: 0,45 clo; Tussenseizoenen: 1,04 clo;	

								Winter: 1,39 clo Iclo = -0,051*Top +2,036	
46	Wong (2009)	2,1	Ouderen verpleeghuis	440	Hong Kong Cfa	Zomer		Bewoners: 0,5 clo;	Bewoners: 1,04 Met
38	Jin (2022)	2,1	Ouderen, verpleeghuis	11	Schotland Cfb	Winter & Voorjaar		Ouderen: 1,6 clo Jongeren: 0,9 clo	
20	Yu (2020)	2,0	Ouderen verpleeghuis	60	China Cfa	Zomer & Winter	Kleding meest voorkomend adaptief gedrag. Verder: wel/niet in de zon zitten. Verhogen activiteit.		
18	Yang (2016)	2,0	Ouderen verpleeghuis	Cooling season: n=114 Mid season: n=182 heating season: n=102	Korea Cfa/Cfw/Dwa/Dfa	zomer winter middenseizoen	Iclo is afhankelijk van seizoen, activiteit en metabolisme. Metabolisme is gemiddeld tussen 0,8-1,0 voor ouderen. In middenseizoenen meeste variatie in CLO per kledingstuk. In de winter de meeste klachten omtrent thermal satisfaction	Winter: CLO = -0,003Trm + 0,77 (R ² =0,00) gemiddelde: 0,77 +/-0,10 middenseizoenen: CLO = -0,025Trm + 1.12 (R ² =0,22) gemiddelde: 0,72 +/-0,16 Zomer: CLO = 0,002Trm + 0.45 (R ² =0,00) gemiddelde: 0,39 +/-0,08 Trm = 4-day weighted running mean of outdoor temperature	+/- 1,0 Met
2	Bouzidi, Youcef (2021)	1,9	Gehandicapte volwassenen	37	Frankrijk Cfb	Zomer		Patiënten: 0,53 clo. (0,41-0,77)	
7	Hansen, Alana (2022)	1,9	Ouderen, eigen woning	303	Australië BSk, Csa, Csb	Jaar	Kledingsisolatie afhankelijk van T _{op} Activiteitsniveau afhankelijk van T _{op}		

4.4 Overige kwalitatieve aspecten

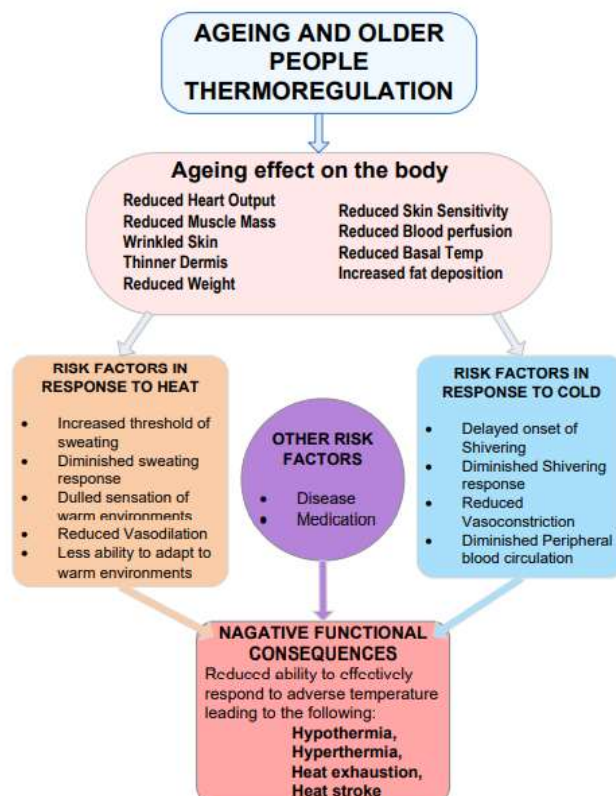
Naast de in paragraaf 4.2 en 4.3 genoemde aspecten zijn er nog aanvullende resultaten gevonden die betrekking hebben op beleving van het thermisch binnenklimaat en thermisch comfort in gebouwen van langdurige zorg:

- Verouderingsproces en thermoregulatie
- Invloed van chronische aandoeningen, fysieke beperkingen en verstandelijke beperkingen
- Invloed verdovende middelen en medicijnen
- Effect van temperatuur op taakprestaties personeel
- Technische oplossingsrichtingen versus beoogde prestatie-eisen

4.4.1 Verouderingsproces en thermoregulatie

Zoals in paragraaf 4.2 al kort geïntroduceerd is, houdt veroudering in relatie tot thermoregulatie verband met een afname van de fysieke fitheid en een toename van het functieverlies bij het ouder worden. Het cardiovasculaire systeem van ouderen is minder efficiënt en dit leidt tot een verminderd vermogen om warmte van de lichaamskern naar de huid te transporteren. Dit, in combinatie met een verminderde zweetcapaciteit en bijvoorbeeld een verminderde hydratatie, brengt ouderen in extreme omstandigheden sneller in gevaar [20], [46] en wijst erop dat niet alleen blootstelling aan relatief hoge en relatief lage temperaturen bij ouderen tot nadelige gezondheidseffecten kan leiden.

Ook plotselinge temperatuurveranderingen of extreme temperatuurgradiënten (bijvoorbeeld wanneer de persoon van een relatief koude ruimte naar een veel warmere omgeving gaat) kunnen bloeddrukreacties veroorzaken die in sommige gevallen kunnen leiden tot bewustzijnsverlies en cardiovasculaire complicaties [46].



figuur 7, Verouderingseffect op de thermoregulerende functies van ouderen [74]

De studie van Novieto et al. [47] geeft hier een aanvulling op en richtte zich op het voorspellen van de thermische respons van oudere personen en het ontwikkelen van een nieuw model dat hiervoor gebruikt kan worden. Dat laatste deden ze door aanpassing van bestaande menselijke thermoregulatiemodellen. Hiervoor zijn eerst de verschillen geanalyseerd (vanuit thermofysiologisch oogpunt) tussen oudere en jongere personen. Zie figuur 7 voor de uitkomsten van deze analyse.

In het algemeen zijn ouderen minder goed uitgerust om hoge of lage omgevingstemperaturen te verwerken. Ouderen blijken aanzienlijk lagere kerntemperaturen te hebben bij blootstelling aan koude dan jongeren (met verschillen tot 0,5°C). Ook zijn ouderen minder goed bestand tegen een wisselende omgevingstemperatuur: uit één studie bleek dat bij oudere mannen die in een koude klimaatkamer werden geplaatst hun kerntemperatuur met 0,4°C daalde, terwijl dit bij jongere mannen in dezelfde blootstellingssituatie slechts 0,1°C was.

Novieto [47] verklaarde dit door te verwijzen naar het feit dat bij oudere personen de vasoconstrictie (bij koude stress) aanzienlijk afneemt en ook door de verminderde metabole warmteproductie bij het ouder worden. Ook de reacties op een warme omgeving (hittestress) zijn bij ouderen minder effectief. De zweetproductie is bijvoorbeeld aanzienlijk lager bij ouderen: in één studie was de zweetproductie van ouderen die werden blootgesteld aan verhoogde omgevingstemperaturen slechts ongeveer de helft van die van jongeren.

In de studie van Van Hoof et al. [48] worden soortgelijke resultaten gevonden. Zij voerden een grondige literatuurstudie uit die zich richtte op thermisch comfort en ouderen. Zij concludeerden ook dat ouderen relatief kwetsbaar zijn voor thermische omstandigheden buiten het algemeen aanvaarde comfortbereik (vooral tijdens warme zomers en koude winters); meer dan jongere mensen. Volgens de auteurs zijn de onderliggende oorzaken van deze verschillen:

- Verminderde doeltreffendheid van koude- en warmteafweermecanisme;
- Lagere stofwisseling;
- Verminderde vasculaire reactiviteit;
- Verminderde thermoregulatoire respons;
- Verschillen in lichaamssamenstelling (d.w.z. verminderd spiervolume en verhoogd vetpercentage);
- Geringere cardiovasculaire flexibiliteit.

Een uitgebreide literatuurstudie van een Italiaans onderzoeksteam (Salata et al. [62]) dat zich richtte op 'thermohygomietrische perceptie bij ouderen' kwam tot vergelijkbare conclusies als Van Hoof et al. [48]. Het onderzoeksteam concludeerde dat ouderen vaak minder actief zijn in vergelijking met jongere mensen als het gaat om het herstellen van hun thermisch comfort wanneer de temperatuur buiten de standaard comfort bereiken komt. De auteurs verwijzen naar verschillende studies (bijvoorbeeld één uit de VS) waarin werd vastgesteld dat ouderen geen actie ondernamen om de omgevingsomstandigheden te veranderen zolang de temperatuur niet boven de 29°C uitkwam.

Uit een ander Brits onderzoek waarnaar Salata et al. [49] verwijzen, bleek zelfs dat ouderen vrij inert bleven (geen comfortherstellende handelingen verrichtten), soms zelfs tot binnentemperaturen van 32°C. Uit andere studies (zie ook paragraaf 4.2) is bekend dat binnentemperaturen van meer dan 26-28°C voor sommige ouderen al een gezondheidsrisico vormen, vooral voor mensen met cardiovasculaire gezondheidsproblemen.

Forcada et al. [2] onderzochten hoe bewoners en niet-bewoners (zorgpersoneel) van 5 verschillende verpleeghuizen de thermische omgeving tijdens de zomer ervoeren in hun verpleeghuizen in het noordoosten van Spanje. Uit de resultaten bleek dat de comforttemperatuur van de bewoners (gemiddeld) ongeveer 1°C hoger was dan die van de niet-bewoners (24,4°C vs. 23,5°C). Bovendien bleken bewoners hogere temperaturen beter te verdragen dan niet-bewoners.

Wat corrigerende maatregelen betreft: Forcada et al [2] vonden dat bewoners niet reageren op stijgende temperaturen door hun kleding aan te passen, in plaats daarvan pasten zij hun activiteitsniveau aan. Voor niet-bewoners was dit het tegenovergestelde: zij pasten hun kleding aan wanneer de temperatuur steeg, maar niet (of niet in belangrijke mate) hun activiteitsniveau.

De conclusies van Forcada et al [2] komen overeen met die van Tartarini et al [15]. Zij voerden een vergelijkbare studie uit in New South Wales, in Australië, ook onder bewoners en hun zorgverleners uit 5 verschillende verpleeghuizen. Dit Australische team vond dat bewoners in de zomer de voorkeur gaven aan een 1,5 °C hogere binnentemperatuur dan de niet-bewoners (het zorgpersoneel) (23,2°C vs. 21,7° C). Net als het Spaanse team vond het Australische team ook dat bewoners hogere temperaturen beter verdroegen dan niet-bewoners [15].

4.4.2 *Invloed chronische aandoeningen, fysieke beperkingen en verstandelijke beperkingen*

In een aantal studies is de invloed van chronische aandoeningen en handicaps voor verschillende doelgroepen onderzocht, waarbij de nadruk ligt op het ziektebeeld en mobiliteit. Parsons [50] beschrijft de resultaten van laboratoriumexperimenten die gericht waren op de thermische reacties van verschillende soorten patiënten, gegroepeerd in verschillende groepen van handicaps.

De experimenten leidden tot de conclusie dat optimale operationele temperaturen verschillen van groep tot groep (bv. die met polio vs. die met artrose). Voor alle groepen werd een minimumtemperatuur van ten minste 23 °C voorgesteld. In dit verband wijst Parsons erop dat mensen met een handicap (denk bijvoorbeeld aan mensen in een rolstoel) vaak meer moeite hebben om hun lokale binnenklimaat af te stemmen. Mensen zonder een fysieke beperking kunnen op een relatief warme of koude omgeving reageren door van houding te veranderen, een raam te openen of naar een andere kamer te gaan. Voor mensen met een fysieke beperking is dit vaak minder gemakkelijk. Parsons suggereert dat een specifiek, op mensen met een fysieke handicap, toegesneden aanpak de enige optie kan zijn bij het ontwerpen van bijvoorbeeld verpleeghuizen en revalidatiecentra.

Haghighat & Megri [51] onderzochten in hoeverre de reguliere thermisch comfort eisen (onder andere ASHRAE standard 55) gebruikt kunnen worden als het gaat om het garanderen van voldoende thermisch comfort van fysiek gehandicapten en (langdurig) zieken. Ten aanzien van de fysiek beperkte medemens concludeerde men onder andere dat de kerntemperatuur in koude omgevingen vaak (snel) wat lager wordt dan bij niet-gehandicapte personen terwijl dit in warme omgevingen precies andersom is (sneller oplopende kern temperatuur).

Los daarvan constateerde Haghighat & Megri [51] ook dat men niet standaard kan aannemen dat een gehandicapt persoon die in rust is (bv. stil zit in een rolstoel) automatisch (net als stilzittende niet-gehandicapte persoon) een metabolisme van 1,0 met heeft. Vaak is het metabolisme bij gehandicapte personen wat lager volgens de auteurs. Dit impliceert dat in ruimten waarin fysiek gehandicapten verblijven de temperatuur iets hoger dient te liggen dan elders, tenzij er is voorzien in persoonlijke klimatiseringsoplossingen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan lokale klimatisering geïntegreerd in rolstoelen.

Wat betreft de invloed van ziektes constateerde men dat er geen algemene conclusies te trekken zijn. Verschillende typen aandoeningen hebben verschillende typen effecten, soms wel met een link naar het functioneren van het thermoregulatie systeem, soms niet. Hierbij kunnen de effecten ook nog van persoon tot persoon verschillen. Dus in algemeenheid zijn er, volgens Haghighat & Megri [51] geen specifieke comfort-eisen te definiëren behorende bij verschillende ziektebeelden.

De invloed van dementie op de thermische comfortbeleving is echter wel uitgebreid onderzocht door verschillende onderzoeksteams. Van Hoof et al. [52] hebben de wetenschappelijke literatuur opnieuw geëvalueerd en een aantal diepte-interviews gehouden met mantelzorgers van mensen met dementie. Het doel was relevante behoeften te identificeren met betrekking tot thermisch comfort en het ontwerp van HVAC-systemen voor bijvoorbeeld zorginstellingen.

Van Hoof et al. stelden vast dat mensen met dementie een verhoogde gevoeligheid hebben voor de omgevingsfactoren binnenshuis, wat kan leiden tot problematisch gedrag, zoals het uittrekken van kleding in een warme omgeving. Dit vormt dag en nacht een zware belasting voor professionele en informele zorgverleners. Hun belangrijkste conclusie was dat het daarom van essentieel belang is om een thermisch comfortabele binnenomgeving te garanderen voor zowel mensen met dementie als hun verzorgers.

Hierop aansluitend onderzocht Garre-Olmo [53] de relatie tussen verschillende binnenmilieufactoren (waaronder de temperatuur) en de kwaliteit van leven van bewoners van verpleeghuizen in Noordoost Spanje.

In totaal werden 160 bewoners met ernstige dementie gevolgd en hun levenskwaliteit werd bepaald met behulp van gestandaardiseerde instrumenten. De conclusie was dat de meest kritische parameters, in termen van invloed op de stemming en het gedrag van de bewoners, de temperatuur en het verlichtingsniveau waren. Vooral de temperatuur en het verlichtingsniveau in de slaapkamers, en het geluidsniveau in de huiskamer kwamen hierbij naar voren.

Kwok-Wai Wong [54] onderzocht ook het verband tussen binnenmilieufactoren en gezondheid en comfort van bewoners van verzorgingshuizen in Hongkong. Geheel in lijn met Garre-Olmo [53] vonden zij dat de akoestische omgeving, de verlichting en de thermische omgeving de belangrijkste beïnvloedende factoren zijn (in die volgorde).

Een verdiepend onderzoek naar één van de factoren is uitgevoerd door Tartarini [55]. Hierbij werd een veldstudie uitgevoerd in 6 verpleeghuizen in Australië in de regio New-South Wales. Zij onderzochten onder andere hoe de temperatuur het gedrag van de bewoners van deze verpleeghuizen beïnvloedt. Resultaten toonden aan dat blootstelling buiten reguliere comfortbereiken niet alleen een negatieve invloed had op het comfort van mensen, maar ook het gedrag negatief beïnvloedde. Dit leidde tot extra agitatie, vooral onder de bewoners met dementie. Daarom kan worden geconcludeerd dat het essentieel is dat specifieke eisen inzake thermisch comfort voor verpleeghuizen (specifiek voor de psychogeriatric afdeling) worden ontwikkeld en gehandhaafd.

4.4.3 *Invloed gebruik verdovende middelen en medicijnen*

Ook verdovende middelen en medicijnen hebben invloed op de thermische sensatie. Parsons [50] beschrijft welke stoffen voor menselijke inname de interne warmteproductie en thermoregulatie kunnen beïnvloeden. De lijsten bevatten stoffen als: Alcohol, Cannabis, Cocaine, amfetaminen, antidepressiva, hypnotica, kalmeringsmiddelen, psychotropen, morfine en verdovingsmiddelen. Sommige van deze stoffen kunnen volgens Parsons het risico (1) om het te koud te krijgen vergroten, bijvoorbeeld door een afname van het metabolisme of een belemmering van de vasoconstrictie, (2) het te warm te krijgen vergroten, of (3) beide afhankelijk van de omstandigheden. Dit is een bevinding die niet alleen relevant is voor bijvoorbeeld afkickcentra voor drugsverslaafden, maar ook voor verpleeghuizen aangezien veel bewoners van verpleeghuizen vaak (mengsels van) geneesmiddelen gebruiken.

Er zijn niet veel aanvullende andere studies of bronnen gevonden die het aspect van thermoregulatie effecten van medicijngebruik behandelen. Een uitzondering is het paper van Westaway et al. [56]. Zij stellen dat van bepaalde geneesmiddelen bekend is dat ze het risico op uitdroging en hitte gerelateerde ziekte accentueren. De mechanismen die hierbij een rol spelen zijn bijvoorbeeld: disbalans van elektrolyten, verminderde dorstherkenning, verminderde zweetproductie, hypertensie en veranderde interne warmteproductie. De auteurs wijzen erop dat vooral mensen die geneesmiddelen gebruiken die het thermoregulatiesysteem kunnen beïnvloeden, risico lopen bij blootstelling aan hitte. Een extra reden om gebouwen voor langdurige zorg en hun HVAC-systemen (klimaatinstallaties) zo te ontwerpen dat hoge temperaturen binnen worden vermeden. Deze noodzaak is dan ook nog hoger dan bij het ontwerpen van bijvoorbeeld scholen en kantoren.

4.4.4 *Effect temperatuur op taakprestaties personeel*

Er is vrij veel onderzoek gedaan naar hoe thermische omgevingsparameters van invloed zijn op het welzijn van patiënten in ziekenhuizen. Hierbij is de gemiddelde verblijfsduur een flink stuk korter dan het verblijf in een langdurige zorginstelling.

Voor een goed overzicht van genoemde effecten kan hiervoor onder andere de Finse studie van Salonen et al [57] worden gebruikt. Dit onderzoeksteam stelt dat sprake is van sterk wetenschappelijk bewijs dat een adequate thermische omgeving niet alleen een positief effect heeft op de stemming, hun slaapkwaliteit en ook de hersteltijd (opnameduur) van patiënten. Ook stelt men dat een omgeving die niet te koud en niet te warm is een gunstige invloed heeft op het zorgpersoneel, zowel in termen van stress en werkbeleving als in termen van werkprestaties. Een niet optimaal thermisch binnenklimaat zou via aantasting van prestaties van het zorgpersoneel weer kunnen leiden tot vermindering van de kwaliteit van patiëntenzorg.

Ter onderbouwing van het onderzoek wordt met name naar een drietal wat oudere studies verwezen uit de jaren 50, 60 en 80 van de vorige eeuw. De genoemde literatuurstudie keek met name naar onderzoeken van

derden in ziekenhuizen, dus men kan zich afvragen in hoeverre de review-uitkomsten een-op-een te vertaling zijn naar de situatie in langdurige zorginstellingen.

Verder zijn er geen andere studies gevonden die specifiek de focus legden op de taakprestaties van zorgpersoneel en de kwaliteit van zorgverlening gerelateerd aan de thermische blootstelling in langdurige zorginstellingen.

4.4.5 *Technische oplossingsrichtingen versus beoogde prestatie-eisen*

In dit hoofdstuk ligt de nadruk op (evidence-based) prestatie-eisen, daar waar het het thermisch comfort in langdurige zorginstellingen betreft. Desalniettemin zijn in deze sub paragraaf een paar opmerkingen geplaatst in relatie tot de technische middelen waarmee in de praktijk een goed thermisch comfort in langdurige zorginstellingen te garanderen is, mits deze op de juiste manier ontworpen, gedimensioneerd, gebruikt en onderhouden zijn.

Jay et al [58] stellen naar aanleiding van een analyse van de thermische situatie in onder andere Australische verpleeghuizen dat het een misvatting zou zijn om alleen op mechanische koeling / airconditioning in te zetten daar waar het gaat om het beperken van oververhittingsrisico's in zorggebouwen. Onder meer in verband met de hoge kosten die met dit soort installatietechnische oplossingen gepaard gaan, en de (vaak forse) impact op het gebouwgebonden energiegebruik. In plaats daarvan stelt men dat (ook) ingezet moet worden op stedenbouwkundige / landschappelijke oplossingen (bijv. gebruik van loofbomen voor beschaduwen), bouwkundige oplossingen (bijv. zonwering, zonwerend glas, te openen ramen), en op meer persoonlijke oplossingen (bijv. tafelventilatoren en koude voetenbaden).

Shen et al [30] verrichtten een onderzoek naar gezondheidszorggebouwen in zijn algemeenheid en het belang van een goed binnenmilieu. Een van de conclusies was dat het belangrijk is, zowel vanuit oogpunt van het verplegend personeel als uit oogpunt van de patiënten, dat voorzien is in goede mogelijkheden (op kamerniveau) om lokaal de temperatuur te kunnen beïnvloeden. Onder meer omdat dit een aantoonbaar positief effect heeft op de algemene (werk)tevredenheid van het personeel en de patiënttevredenheid. In dit verband spreekt men o.a. over de mogelijkheid van het in zetten van 'bedside personalized climate systems' (dus klimaatinstallatieoplossingen geïntegreerd in de bedden) en bijvoorbeeld ook over 'activated heating devices' direct boven de bedden. Letterlijk zegt men met name in het bewuste paper: 'controllability (at room level) is vital.'. Daarnaast is het van belang wat er van de klimaatinstallaties in het zicht komt en of dat vertrouwd over komt op bewoners van verpleeghuizen en andere langdurige zorginstellingen.

Devine-Wright et al. [59] onderzochten of moderne energie-efficiënte technologieën (bijv. combinatie van warmtepomp en vloerverwarming) in woningen en verzorgingshuizen aansluiten bij impliciete behoeften en wensen van oudere volwassenen. Via diepte-interviews (o.a. met verzorgingshuisbewoners en facility managers) verzamelden zij hierover nadere informatie. Uit de bevindingen blijkt dat als het gaat om 'wintercomfort', gezelligheid en gloed hoog gewaardeerd worden door en voor oudere volwassenen. Een van de conclusies was dat in moderne verzorgingshuizen (met energie-efficiënte installaties) nep-openhaarden gezelligheid en gloed bieden zonder de bezorgdheid over bijvoorbeeld brandrisico's.

Een probleem bij veel ouderen (zie ook begin van deze paragraaf) is dat men zelf vaak niet, of relatief laat door heeft dat men te sterk opwarmt of afkoelt. Wat ook kan voorkomen is dat men niet meer goed zelf in staat is (denk aan mensen met dementie) om tijdig te bedenken welke correctieve acties er genomen kunnen worden (denk aan trui aan/uit of raam open/dicht) om het thermisch comfort te herstellen. In dat geval kan nieuwe technologie mogelijk een uitkomst bieden.

Hierbij wordt dan gewerkt met temperatuursensoren (bv. ingebouwd in stoelen) of infrarood thermografie waarmee de 'thermofysiologische status' van een persoon geobjectiveerd kan worden. Een voorbeeld van dat laatste (inzet infrarood thermografie) is ontwikkeld door Tejedor et al [4] specifiek voor het waarborgen van thermisch comfort van ouderen. Hierbij wordt gewerkt met een meting van de huidtemperatuur op afstand (o.a. temperatuur voorhoofd en temperatuur neus). De meetresultaten worden met behulp van een door Tejedor et al. ontwikkeld (en getest) algoritme vertaald naar 'thermische sensatie scores'. Die kunnen op hun beurt als inputparameters gebruikt worden om bijvoorbeeld lokaal ruimtetemperatuur setpoints te verhogen of te verlagen. Een dergelijke 'human-in-the-loop benadering' zou juist in een verpleeghuis context (zeker op een psychogeriatrische afdeling) meerwaarde kunnen hebben.

4.4.6 Conclusie overige kwalitatieve aspecten

Thermisch comfort garanderen in zorggebouwen is niet alleen een kwestie van de juiste temperatuur-grenswaarden en adequate temperatuursetpoint hanteren. De werkelijke comfort behoefte hangt af van situatie tot situatie, van zorgtype tot zorgtype en zelfs van persoon tot persoon. Dat maakt het extra complex. Bij de verdere invulling van de comfort-eisen dient bij voorkeur met de volgende (aanvullende) zaken rekening gehouden te worden:

- Ouderen met een leeftijd boven de 80 jaar zijn minder goed uitgerust om extreme of snel wisselende temperaturen te verwerken dan ouderen van 60-80 jaar;
- Het juist instellen en handhaven van temperatuurgrenzen voorkomt ongewenst gedrag van mensen met dementie;
- Medicijnen en verdovende middelen hebben invloed op de interne warmteproductie, thermoregulatie en mogelijk risico op uitdroging van personen, wat met name bij blootstelling aan hitte kan zorgen voor gezondheidsrisico's;
- Werkprestaties van personeel en bijbehorende kwaliteit van zorg wordt mogelijk bevorderd door een goede thermische omgeving (o.a. vermijden oververhittingssituaties);
- Oplossingen t.a.v. voorkomen oververhittingsproblemen dienen te worden gevonden op zowel stedenbouwkundig, als bouwkundig, als installatietechnisch als persoonlijk niveau (denk t.a.v. het laatste bv. aan instructies t.a.v. kledingaanpassing);
- Persoonlijke en specifieke klimatiseringsoplossingen zijn nodig voor mensen met een handicap dan wel bepaalde aandoeningen in bv. verpleeghuizen en revalidatiecentra; dit o.a. omdat bij bepaalde handicaps/aandoeningen de temperatuur ondergrens die gehanteerd dient te worden wat hoger ligt (op ca. 23°C);
- Objectiveren van de thermofysiologische status van personen met een 'human-in-the-loop-benadering' helpt bij het opmerken van sterke opwarming of afkoeling van ouderen.

4.5 Conclusie thermisch binnenklimaat

Temperatuur limieten:

De temperatuur dient dusdanig gerealiseerd te worden dat in het algemeen geldt dat minimaal 90% van de personen tevreden is. Hiervoor worden de onderstaande eisen geadviseerd. Voor de kledingisolatiewaarde (CLO) en het activiteitsniveau (MET) is uitgegaan van de waarden beschreven in paragraaf 4.3.

Vitale ouderen:

- PMV tussen -0,5 en +0,5 in de winter en zomer.
- Operatieve temperatuur in de zomer: 23°C – 27°C, met voorkeurstemperatuur 25°C.
- Operatieve temperatuur in de winter: 19°C – 25°C, met voorkeurstemperatuur 22°C.

Ouderen met gezondheidsproblematiek

- PMV tussen -0,5 en +0,5 in de zomer
- PMV tussen 0 en +0,5 in de winter
- Operatieve temperatuur in de zomer: 23°C – 26°C, met voorkeurstemperatuur 25°C.
- Operatieve temperatuur in de winter: 22°C – 25°C, met voorkeurstemperatuur 22°C.
- De operatieve temperatuur op ruimteniveau mag tot 20°C zakken, wanneer er mogelijkheden zijn op individueel niveau (denk aan stoelverwarming) om de operatieve temperatuur op 22°C te zetten.

Andere doelgroepen dan ouderen

- Voor clientgroepen anders dan ouderen met specifiek medicijngebruik, mensen met psychische beperkingen en/ of fysieke beperkingen in zorggebouwen anders dan verpleegtehuizen dient maatwerk geleverd te worden.

Verplegend personeel

- De operatieve temperatuur dient 1,5°C – 2°C lager te liggen dan de operatieve temperatuur voor ouderen, met name in de zomer.

Strategieën:

Strategieën voor thermische adaptatie moeten per doelgroep en per instelling worden bekeken in verband met (1) het verschil in kledingisolatiewaarden en activiteitsniveaus tussen personeel en bewoners, bewoners onderling, en personeel onderling, (2) effect van gebruik medicatie en/ of verdovende middelen, en (3) verschillen in (lokale) mogelijkheden tot aanpassingen aan de omgeving, gebouw en ruimtes. Toepasbare strategieën voor bevordering van thermisch comfort zijn:

- Voorkomen van warmteverliezen, oververhitting of stralingsasymmetrie door toepassen goede thermische schil;
- Toepassen van koeling op bouwkundig niveau aan de hand van actieve koelsystemen (zoals vloerkoeling) en passieve koelsystemen (zoals toepassen van zonwering of zonwerend glas, loofbomen en/of te openen ramen); Voor aanvullende adviezen voor koeling in zorginstellingen wordt verwezen naar het boek "De hitte de baas" [60]
- Toepassen van verwarming op bouwkundig niveau aan de hand van actieve verwarming (zoals vloerverwarming of stralingselementen) en passieve verwarmingssystemen (zoals toelaten van zonlicht binnen);
- Regulatie van temperatuur op kamerniveau;
- Verhogen of verlagen luchtsnelheden;
- Langzame temperatuurwisselingen in verpleeghuizen voor ouderen;
- Mogelijkheid bieden voor klimaatoplossingen op persoonlijk niveau (microklimatisering door bijvoorbeeld thermische dekens, verwarmingselementen in tafels of stoelen, stralingselementen in het plafond en/of tafelventilatoren). Met name in het stookseizoen zijn mogelijkheden tot persoonlijke beïnvloeding van de temperatuur gewenst.
- Objectiveren van thermofysiologische status door bijvoorbeeld een 'human-in-the-loop-benadering' toe te passen. Dit kan verpleging helpen om oververhitting en onderkoeling tijdig op te sporen bij personen die dat niet goed zelf kunnen aangeven (zoals ouderen);
- Bij het ontwerpen van een klimatiseringontwerp op gebouw of op persoonlijk niveau dient rekening gehouden te worden met de kledingwaarden en metabolisme van een persoon. Dit dient bij voorkeur per situatie bekeken te worden. Dit geldt ook voor personeel.
- De bovengenoemde temperatuurgrenzen gelden met name voor de dagsituatie (situatie dat bewoners niet in bed liggen). Gedurende de nacht kunnen er lagere temperatuurgrenswaarden aangehouden worden uit het oogpunt van energiebesparing en thermisch comfort van bewoners en personeel met nachtdienst.

Lokaal discomfort

- Aanvullend zullen ook eisen gesteld moeten worden ten aanzien van lokaal discomfort en tocht. Geadviseerd wordt om gebruik te maken van bij voorkeur klasse A eisen van de NEN-EN 7730/ISSO 74, en met minimale ondergrens klasse B.
- Puur geredeneerd vanuit het oogpunt thermisch comfort is het overigens niet nodig om specifieke eisen te stellen aan de luchtvochtigheid. Hooguit wanneer het om beperken van oververhittingsrisico's gaat zou in de zomersituatie een bovengrens opgelegd kunnen worden. Een te hoge relatieve vochtigheid in de zomer in combinatie met een hoge luchttemperatuur bemoeilijkt de warmteafgifte middels het zweten.

4.6 Discussie thermisch binnenklimaat

In dit hoofdstuk zijn prestatie-eisen gegeven voor het thermisch comfort in langdurige zorginstellingen. Uit de analyse bleek dat op een aantal onderwerpen en voor een aantal doelengroepen nog relatief veel informatie mist om goede uitspraken te kunnen doen die alomvattend zijn voor alle type langdurige zorginstellingen. Wel werd veel informatie gevonden specifiek over comfort beleving van zowel bewoners als zorgpersoneel in verpleeghuizen voor ouderen. Waarbij o.a. bleek dat zorgpersoneel gebaat is bij een wat lagere omgevingstemperatuur dan de bewoners (hetgeen o.a. uit het verschil in metabolisme is te verklaren. Ten aanzien van verpleeghuizen konden redelijk eenduidige (evidence based) temperatuur eisen gedefinieerd worden. Zie hiervoor paragraaf 4.2.

Daarnaast blijkt dat verschillende typen medicatie tot verschillende ervaringen van thermische sensatie kunnen leiden. Doordat (1) ieder medicijn, of een combinatie van verschillende medicijnen, een specifieke uitwerking heeft op de thermoregulatie van personen, en (2) nog niet veel studies de relatie hebben gelegd

tussen klimaatsystemen en het thermisch comfort van verschillende doelgroepen die medicatie gebruiken, ligt er nog een uitdaging om hier passende richtlijnen bij te plaatsen. De voorgestelde temperatuurrichtlijnen dienen dan ook nog verder uitgewerkt te worden op dit gebied. Hier is meer onderzoek voor nodig.

Voor de operationele temperatuur voor kwetsbare ouderen is een ondergrens gesteld op 22°C in de winter. De temperatuur mag zakken op ruimteniveau naar 20°C, wanneer er op lokaal niveau mogelijkheden zijn om met het stralingsaspect van de operationele temperatuur de temperatuur naar 22°C te krijgen. Dit kan onder andere door de toepassing van verwarmde stoelen of een lokaal klimaatplafond. Uit de literatuur zijn geen verschillen naar voren gekomen tussen de temperatuur in de woonkamer en in de slaapkamer. Hier wordt dan ook verder geen advies voor gegeven.

Tot op heden is er nog weinig onderzoek gedaan naar het effect van persoonlijke koeling tijdens hoge zomerse buitentemperaturen in Noordelijk gelegen landen. Eén studie die dit wel heeft onderzocht, is het onderzoek van Chen et al. [61], uitgevoerd in Finland. Deze studie laat zien dat de toepassing van mogelijkheden tot individuele koeling kan bijdragen aan een beter thermisch comfort bij vitale ouderen (65-75 jaar).

Chen et al. vonden dat bij binnentemperaturen tot 29°C tafelventilatoren, waterverdampings-koelapparaten of een gekoelde jas de thermische sensatie van ouderen kunnen terugbrengen naar een thermoneutrale temperatuur van 26°C en dat deze maatregelen kunnen bijdragen aan een thermisch comfort waar 80% van de ouderen mee tevreden is. Bij hogere binnentemperaturen bleek het effect van de maatregelen minder groot en kon de thermoneutrale temperatuur niet worden bereikt. Wat opgemerkt moet worden is dat deze studie is uitgevoerd in een controleerde klimaatkamer, met een strenge screening op de gezondheid van ouderen (er deden geen ouderen met ernstige gezondheidsklachten mee) waardoor de toepassingsmogelijkheid in een langdurige zorginstelling met kwetsbare ouderen nog onbekend is.

Om veelvuldige overschrijding van temperatuur in de ruimtes te voorkomen, wordt aanbevolen om de factor tijd mee te nemen bij het verder formuleren van de eisen. Door het stellen van temperatuurgrenzen die maximaal 5-10% van de tijd overschreden worden, al dan niet door het stellen van eisen aan de hand van GTO-uren (gewogen temperatuuroverschrijding), kan de temperatuur in de vertrekken geborgd worden.

De beschouwde literatuur geeft aan dat het cognitieve vermogen een grote invloed heeft op de thermische sensatie van personen. Doordat de thermische sensatie van ouderen met dementie trager of anders werkt dan bij gezonde personen, kan bij het aantrekken van te veel kleding en daarmee een te hoge of te lage CLO-waarde geagiteerd gedrag ontstaan. Daarnaast is er in de literatuur nog niet veel te vinden over de CLO-waarde van incontinentie-materiaal die wel opgeteld moet worden bij de totale CLO-waarde.

Om onder andere personeel te helpen bij het beter beheersen van temperatuur van mensen met cognitieve beperkingen, en die dus zelf grenzen lastiger aan kunnen geven, zijn objectieve tools gewenst. In een studie van Tejedor et al [4] wordt hier al kort over gesproken. Meer verdieping en praktische uitwerking van dit onderwerp zou helpen bij het voortijdig signaleren van oververhitting en onderkoeling.

Daarnaast bleek dat een gepersonaliseerde temperatuur gewenst is om te voldoen aan het comfort van zowel het personeel als bewoners. Zeker in het geval wanneer men te maken heeft met bewoners / patiënten die bepaalde typen handicaps en (chronische) aandoeningen hebben. Het creëren van klimatiseringszones op persoonlijk en ruimteniveau is hierbij waarschijnlijk gewenst, o.a. in de gemeenschappelijke ruimten waar zorgpersoneel en de anderen relatief vaak en lang samen zijn.

Uit het onderzoek van Salonen et al [57] kwam al naar voren dat in ziekenhuizen een goed thermisch klimaat een positief effect heeft op de patiëntenzorg. Het is dan ook niet onaanvaardbaar dat ook in langdurige zorginstellingen de binnentemperatuur, in combinatie met andere thermische omgevingsparameters, zoals luchtsnelheid en luchtvochtigheid, van invloed is op het functioneren en welbevinden van zorgpersoneel (en dus op de zorgkwaliteit). Verschillende klimatiseringszones afgestemd op de activiteiten per ruimte en activiteitsniveaus van het personeel zijn ook in dat verband aan te raden.

Er is weinig informatie gevonden over het effect van hoge luchtvochtigheid. Momenteel worden vaak airco systemen toegepast die ook sterk ontvochtigen. Bij toepassing van zogenaamde "vrije" koeling in gebouwen

die zijn uitgerust met een aquifer en een warmtepomp zal veelal hoge temperatuur koeling worden toegepast. Hierdoor kan sprake zijn van hogere luchtvochtigheden. Dit kan effect hebben op de temperatuurbeleving.

Bekend is dat omgevingsparameters niet alleen de algemene thermische behaaglijkheid beïnvloeden maar dat er ook sprake kan zijn van zogenaamd lokaal discomfort. Zie hiervoor bijvoorbeeld een norm als NEN-EN-ISO 7730. Voorbeelden daarvan zijn (1) tocht, (2) hinder ter gevolge van koude of warme voeten door een te koude of te warme vloer, of (3) hinder ter gevolge van stralingsasymmetrie als men onder andere te dicht bij een onvoldoende isolerende gevel zit. Tijdens de literatuurstudie werd niets specifiek gevonden over lokaal thermisch discomfort bij ouderen, dan wel lokaal thermisch discomfort bij personen met specifieke handicaps of chronische aandoeningen.

Ook naar het effect van temperatuurfluctuaties bij genoemde doelgroepen lijkt nog weinig tot geen onderzoek gedaan te zijn. Dit heeft bijvoorbeeld betrekking op het verschil in temperatuur tussen ruimtes en de invloed van langzaam oplopende temperaturen op comfort-beleving en gezondheid van ouderen dan wel mensen met een handicap of chronische aandoening.

Pallubinsky [62] heeft wel onderzoek gedaan naar de invloed van temperatuurverschillen in het gebouw in relatie tot de gezondheid van mensen. Voor gezonde volwassenen (60-70 jaar) kan een blootstelling aan een divers array aan temperaturen in een gebouw een positieve invloed hebben op de vitaliteit van bloedvaten en de activatie van bruin vet. Voor senioren in verzorgingstehuizen of andere langdurige zorginstellingen waar cliënten verblijven met achterliggende gezondheidsklachten, wordt niet aanbevolen om diverse temperaturen in het gebouw toe te passen. Dit kan leiden tot acute complicaties, zeker wanneer de temperatuurswisselingen in één etmaal vallen.

Slechts één studie is gevonden naar de invloed van langzaam oplopende temperaturen op de comfort-beleving, namelijk de studie van Schellen et al [63]. Dit betrof een onderzoek naar de temperatuurbeleving van gezonde ouderen. Zij toonden aan dat een significant temperatuurverloop tot ± 2 K/h in het bereik van 17-25°C niet leidt tot onaanvaardbare thermische comfortomstandigheden voor gezonde ouderen. Dit resultaat impliceert dat enige flexibiliteit kan worden toegepast bij de vaststelling van instelpunten voor verwarmings- en vooral koelsystemen voor zorginstellingen, waardoor instelpunten en dus binnentemperaturen in de namiddag licht kunnen stijgen. Dit zou mogelijk flex ruimte kunnen bieden voor ontlasting van het elektriciteitsnet.

Fysiologisch gezien is het niet onlogisch om aan te nemen dat ouderen wat gevoeliger zijn dan bijvoorbeeld gezonde volwassenen tussen de 20 en 60 jaar voor onder andere tocht. Ondanks het gebrek aan literatuur over dit onderwerp is het wel verstandig om in elk geval de standard eisen t.a.v. lokaal thermisch discomfort zoals vermeld in NEN-EN-ISO 7730 aan te houden (bij voorkeur minimaal klasse B / categorie II niveau). Merk op dat verhoogde luchtsnelheden in de zomer juist gunstig kunnen zijn, ook in een zorgomgeving. Denk bijvoorbeeld aan het bewust verhogen van de lokale luchtsnelheid door ramen te openen of door een tafelventilator in te schakelen. Met name bij hogere luchttemperaturen (25°C of meer) kan verhoging van de luchtsnelheid per saldo resulteren in een 2°C lagere "gevoelstemperatuur" binnen (ISSO 74).

Ook naar de blootstelling aan grote temperatuurfluctuaties en het effect op ouderen, gehandicapten, en mensen met chronische aandoeningen is nog weinig onderzoek gedaan. Wel is het goed om hier eisen aan te stellen. Ondanks het gebrek aan onderzoek wordt voorgesteld om te snelle temperatuurovergangen (zoals men die ervaart als men van een warme patiëntenkamer een koude gang in loopt) vermeden moeten worden. Hierbij lijkt het het meest voor de hand te liggen om daarbij de reguliere eisen t.a.v. 'ramps' en 'drifts' voor bijvoorbeeld kantoorgebouwen als referentie aan te houden zoals beschreven in ISSO publicatie 74 of de norm NEN-EN-ISO 7730.

4.7 Referenties thermische sensatie en comfort

- [1] M. T. Baquero and N. Forcada, "Thermal comfort of older people during summer in the continental Mediterranean climate," *Journal of Building Engineering*, vol. 54, no. March, p. 104680, 2022, doi: 10.1016/j.job.2022.104680.
- [2] N. Forcada, M. Gangolells, Ma. Casals, B. Tejedor, M. Macarulla, and K. Gaspar, "Summer thermal comfort in nursing homes in the Mediterranean climate," *Energy Build*, vol. 229, p. 110442, 2020, doi: 10.1016/j.enbuild.2020.110442.
- [3] N. Forcada, M. Gangolells, M. Casals, B. Tejedor, M. Macarulla, and K. Gaspar, "Field study on adaptive thermal comfort models for nursing homes in the Mediterranean climate," *Energy Build*, vol. 252, p. 111475, 2021, doi: 10.1016/j.enbuild.2021.111475.
- [4] B. Tejedor, M. Casals, M. Gangolells, M. Macarulla, and N. Forcada, "Human comfort modelling for elderly people by infrared thermography: Evaluating the thermoregulation system responses in an indoor environment during winter," *Build Environ*, vol. 186, no. April, p. 107354, 2020, doi: 10.1016/j.buildenv.2020.107354.
- [5] N. Forcada, M. Gangolells, M. Casals, B. Tejedor, M. Macarulla, and K. Gaspar, "Field study on thermal comfort in nursing homes in heated environments," *Energy Build*, vol. 244, p. 111032, 2021, doi: 10.1016/j.enbuild.2021.111032.
- [6] W. Zheng, T. Shao, Y. Lin, Y. Wang, C. Dong, and J. Liu, "A field study on seasonal adaptive thermal comfort of the elderly in nursing homes in Xi'an, China," *Build Environ*, vol. 208, no. November 2021, p. 108623, 2022, doi: 10.1016/j.buildenv.2021.108623.
- [7] F. Tartarini, P. Cooper, and R. Fleming, "Thermal comfort for occupants of nursing homes: A field study," *Proceedings of 10th Windsor Conference: Rethinking Comfort*, pp. 720–737, 2018.
- [8] H. Li, G. Xu, J. Chen, and J. Duan, "Investigating the Adaptive Thermal Comfort of the Elderly in Rural Mutual Aid Homes in Central Inner Mongolia," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 11, 2022, doi: 10.3390/su14116802.
- [9] R. Gupta *et al.*, "Examining the magnitude and perception of summertime overheating in London care homes," *Building Services Engineering Research and Technology*, vol. 42, no. 6, pp. 653–675, 2021, doi: 10.1177/01436244211013645.
- [10] Z. Wang, H. Yu, Y. Jiao, Q. Wei, and X. Chu, "A field study of thermal sensation and neutrality in free-running aged-care homes in Shanghai," *Energy Build*, vol. 158, pp. 1523–1532, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2017.11.050.
- [11] L. T. Wong, K. N. K. Fong, K. W. Mui, W. W. Y. Wong, and L. W. Lee, "A field survey of the expected desirable thermal environment for older people," *Indoor and Built Environment*, vol. 18, no. 4, pp. 336–345, 2009, doi: 10.1177/1420326X09337044.
- [12] Y. Jin, F. Wang, S. R. Payne, and R. B. Weller, "A comparison of the effect of indoor thermal and humidity condition on young and older adults' comfort and skin condition in winter," *Indoor and Built Environment*, vol. 31, no. 3, pp. 759–776, 2022, doi: 10.1177/1420326X211030998.
- [13] R. L. Hwang and C. P. Chen, "Field study on behaviors and adaptation of elderly people and their thermal comfort requirements in residential environments," *Indoor Air*, vol. 20, no. 3, pp. 235–245, 2010, doi: 10.1111/j.1600-0668.2010.00649.x.
- [14] L. A. Martins *et al.*, "Individualising thermal comfort models for older people : the effects of personal characteristics on comfort and wellbeing," *Windsor 2020*, no. May, pp. 187–199, 2020.
- [15] F. Tartarini, P. Cooper, and R. Fleming, "Thermal perceptions, preferences and adaptive behaviours of occupants of nursing homes," *Build Environ*, vol. 132, pp. 57–69, 2018, doi: 10.1016/j.buildenv.2018.01.018.
- [16] F. Tartarini, P. Cooper, and R. Fleming, "Thermal perceptions, preferences and adaptive behaviours of occupants of nursing homes," *Build Environ*, vol. 132, pp. 57–69, 2018, doi: 10.1016/j.buildenv.2018.01.018.
- [17] M. T. Baquero and N. Forcada, "Thermal comfort of older people during summer in the continental Mediterranean climate," *Journal of Building Engineering*, vol. 54, no. March, p. 104680, 2022, doi: 10.1016/j.job.2022.104680.
- [18] R. Gupta *et al.*, "Examining the magnitude and perception of summertime overheating in London care homes," *Building Services Engineering Research and Technology*, vol. 42, no. 6, pp. 653–675, 2021, doi: 10.1177/01436244211013645.
- [19] J. Younes, M. Chen, K. Ghali, K. Risto, A. K. Melikov, and N. Ghaddar, "A thermal sensation model for elderly under steady and transient uniform conditions," *Build Environ*, 2022.

- [20] J. van Hoof and J. L. M. Hensen, "Thermal comfort and older adults," *Gerontechnology*, vol. 4, no. 4, pp. 223–228, 2006.
- [21] C. Childs *et al.*, "Thermal sensation in older people with and without dementia living in residential care: New assessment approaches to thermal comfort using infrared thermography," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 17, no. 18, pp. 1–23, 2020, doi: 10.3390/ijerph17186932.
- [22] C. Yoon Yi, C. Childs, C. Peng, and D. Robinson, "Thermal comfort modelling of older people living in care homes: An evaluation of heat balance, adaptive comfort, and thermographic methods," *Build Environ*, vol. 207, no. PB, p. 108550, 2022, doi: 10.1016/j.buildenv.2021.108550.
- [23] L. H. Webb and K. C. Parsons, "Case studies of thermal comfort for people with physical disabilities," *ASHRAE Trans*, vol. 104, no. Pt 1B, pp. 883–895, 1998.
- [24] Y. Bouzidi, Z. El Akili, A. Gademer, N. Tazi, and A. Chahboun, "How can we adapt thermal comfort for disabled patients? A case study of french healthcare buildings in summer," *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 15, 2021, doi: 10.3390/en14154530.
- [25] Z. El Akili, Y. Bouzidi, A. Merabtine, G. Polidori, and A. Chkeir, "Experimental investigation of adaptive thermal comfort in french healthcare buildings," *Buildings*, vol. 11, no. 11, pp. 1–22, 2021, doi: 10.3390/buildings11110551.
- [26] Y. Jin, F. Wang, M. Carpenter, B. Weller, D. Tabor, and S. Payne, "The effect of indoor thermal and humidity condition on the oldest-old people's comfort and skin condition in winter," *Build Environ*, 2020.
- [27] C. Hughes, S. Natarajan, C. Liu, W. J. Chung, and M. Herrera, "Winter thermal comfort and health in the elderly," *Energy Policy*, vol. 134, no. September, p. 110954, 2019, doi: 10.1016/j.enpol.2019.110954.
- [28] A. Hansen *et al.*, "The Thermal Environment of Housing and Its Implications for the Health of Older People in South Australia: A Mixed-Methods Study," *Atmosphere (Basel)*, vol. 13, no. 1, 2022, doi: 10.3390/atmos13010096.
- [29] L. A. Martins *et al.*, "Performance evaluation of personal thermal comfort models for older people based on skin temperature, health perception, behavioural and environmental variables," *Journal of Building Engineering* 2022, vol 51.
- [30] X. Shen *et al.*, "Building a satisfactory indoor environment for healthcare facility occupants: A literature review," *Build Environ*, p. 109861, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.BUILDENV.2022.109861.
- [31] Y. Yan, H. Zhang, M. Kang, L. Lan, Z. Wang, and Y. Lin, "Experimental study of the negative effects of raised bedroom temperature and reduced ventilation on the sleep quality of elderly subjects," *Indoor Air*, vol. 32, no. 11, p. e13159, Nov. 2022, doi: 10.1111/INA.13159.
- [32] Y. Jin, F. Wang, S. R. Payne, and R. B. Weller, "A comparison of the effect of indoor thermal and humidity condition on young and older adults' comfort and skin condition in winter," *Indoor and Built Environment*, vol. 31, no. 3, pp. 759–776, 2022, doi: 10.1177/1420326X211030998.
- [33] F. Tartarini, P. Cooper, R. Fleming, and M. Batterham, "Indoor Air Temperature and Agitation of Nursing Home Residents with Dementia," *Am J Alzheimers Dis Other Demen*, vol. 32, no. 5, pp. 272–281, 2017, doi: 10.1177/1533317517704898.
- [34] A. Hansen *et al.*, "The Thermal Environment of Housing and Its Implications for the Health of Older People in South Australia: A Mixed-Methods Study," *Atmosphere (Basel)*, vol. 13, no. 1, 2022, doi: 10.3390/atmos13010096.
- [35] A. Mendes *et al.*, "The Influence of Thermal Comfort on the Quality of Life of Nursing Home Residents," *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues*, vol. 80, no. 13–15, pp. 729–739, 2017, doi: 10.1080/15287394.2017.1286929.
- [36] W. Zheng, T. Shao, Y. Lin, Y. Wang, C. Dong, and J. Liu, "A field study on seasonal adaptive thermal comfort of the elderly in nursing homes in Xi'an, China," *Build Environ*, vol. 208, no. November 2021, p. 108623, 2022, doi: 10.1016/j.buildenv.2021.108623.
- [37] Z. Wang, H. Yu, Y. Jiao, Q. Wei, and X. Chu, "A field study of thermal sensation and neutrality in free-running aged-care homes in Shanghai," *Energy Build*, vol. 158, pp. 1523–1532, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2017.11.050.
- [38] R. L. Hwang and C. P. Chen, "Field study on behaviors and adaptation of elderly people and their thermal comfort requirements in residential environments," *Indoor Air*, vol. 20, no. 3, pp. 235–245, 2010, doi: 10.1111/j.1600-0668.2010.00649.x.
- [39] H. Li, G. Xu, J. Chen, and J. Duan, "Investigating the Adaptive Thermal Comfort of the Elderly in Rural Mutual Aid Homes in Central Inner Mongolia," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 11, 2022, doi: 10.3390/su14116802.
- [40] F. Tartarini, P. Cooper, and R. Fleming, "Thermal perceptions, preferences and adaptive behaviours of occupants of nursing homes," *Build Environ*, 2018.

- [41] J. Yang, I. Nam, and J. R. Sohn, "The influence of seasonal characteristics in elderly thermal comfort in Korea," *Energy Build*, vol. 128, pp. 583–591, 2016, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.07.037.
- [42] J. Yu, M. T. Hassan, Y. Bai, N. An, and V. W. Y. Tam, "A pilot study monitoring the thermal comfort of the elderly living in nursing homes in Hefei, China, using wireless sensor networks, site measurements and a survey," *Indoor and Built Environment*, vol. 29, no. 3, pp. 449–464, Mar. 2020, doi: 10.1177/1420326X19891225.
- [43] Y. Tao, Z. Gou, Z. Yu, J. Fu, and X. Chen, "The challenge of creating age-friendly indoor environments in a high-density city: Case study of Hong Kong's care and attention homes," *Journal of Building Engineering*, vol. 30, no. February, p. 101280, 2020, doi: 10.1016/j.job.2020.101280.
- [44] N. Forcada, M. Gangolells, Ma. Casals, B. Tejedor, M. Macarulla, and K. Gaspar, "Summer thermal comfort in nursing homes in the Mediterranean climate," *Energy Build*, vol. 229, p. 110442, 2020, doi: 10.1016/j.enbuild.2020.110442.
- [45] F. Tartarini, P. Cooper, and R. Fleming, "Thermal comfort for occupants of nursing homes: A field study," *Proceedings of 10th Windsor Conference: Rethinking Comfort*, pp. 720–737, 2018.
- [46] G. Havenith, "Temperature regulation and Technology," *Temperature Regulation*, 2001, doi: 10.1097/00004311-196311000-00003.
- [47] D. T. Novieto, "Adapting a human thermoregulation model for predicting the thermal response of older persons," PhD Thesis, De Montfort University, Leicester, UK, 2013.
- [48] J. van Hoof, L. Schellen, V. Soebarto, J. K. W. Wong, and J. K. Kazak, "Ten questions concerning thermal comfort and ageing," *Build Environ*, vol. 120, pp. 123–133, 2017, doi: 10.1016/j.buildenv.2017.05.008.
- [49] F. Salata, I. Golasi, W. Verrusio, E. de Lieto Vollaro, M. Cacciafesta, and A. de Lieto Vollaro, "On the necessities to analyse the thermohygro-metric perception in aged people. A review about indoor thermal comfort, health and energetic aspects and a perspective for future studies," *Sustain Cities Soc*, vol. 41, no. June, pp. 469–480, 2018, doi: 10.1016/j.scs.2018.06.003.
- [50] K. Parsons, *Human Thermal Environments*, 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2002.
- [51] F. Haghghat, A. C. Megri, G. Donnini, and G. Giorgi, "Responses of disabled, temporarily ill, and elderly persons to thermal environments," *ASHRAE Trans*, vol. 106, 2000.
- [52] J. van Hoof, H. S. M. Kort, J. L. M. Hensen, M. S. H. Duijnste, and P. G. S. Rutten, "Thermal comfort and the integrated design of homes for older people with dementia," *Build Environ*, vol. 45, no. 2, pp. 358–370, 2010, doi: 10.1016/j.buildenv.2009.06.013.
- [53] J. Garre-Olmo, S. López-Pousa, A. Turon-Estrada, D. Juvinyà, D. Ballester, and J. Vilalta-Franch, "Environmental determinants of quality of life in nursing home residents with severe dementia," *J Am Geriatr Soc*, vol. 60, no. 7, pp. 1230–1236, 2012, doi: 10.1111/j.1532-5415.2012.04040.x.
- [54] J. K.-W. Wong, M. Skitmore, L. Buys, and K. Wang, "The effects of the indoor environment of residential care homes on dementia suffers in Hong Kong: A critical incident technique approach," *Build Environ*, vol. 73, pp. 32–39, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.12.001>.
- [55] F. Tartarini, "Impact of temperature and indoor environmental quality in nursing homes on thermal comfort of occupants and agitation of residents with dementia," 2017, [Online]. Available: <https://ro.uow.edu.au/theses1>
- [56] K. Westaway, O. Frank, A. Husband, A. McClure, and R. Shute, "Medicines can affect thermoregulation and accentuate the risk of dehydration and heat-related illness during hot weather," *Clin. Pharm. Ther.*, vol. 40, pp. 363–367, 2015.
- [57] H. Salonen *et al.*, "Physical characteristics of the indoor environment that affect health and wellbeing in healthcare facilities: a review," *Intelligent Buildings International*, vol. 5, no. 1, pp. 3–25, 2013, doi: 10.1080/17508975.2013.764838.
- [58] O. Jay *et al.*, "Reducing the health effects of hot weather and heat extremes: from personal cooling strategies to green cities," *The Lancet*, vol. 398, no. 10301, pp. 709–724, 2021, doi: 10.1016/S0140-6736(21)01209-5.
- [59] P. Devine-Wright, W. Wrapson, V. Henshaw, and S. Guy, "Low carbon heating and older adults: Comfort, cosiness and glow," *Building Research and Information*, vol. 42, no. 3, pp. 288–299, 2014, doi: 10.1080/09613218.2014.883563.
- [60] College bouw zorginstellingen, *De hitte de baas*. 2007.
- [61] M. Chen *et al.*, "Thermal comfort chamber study of Nordic elderly people with local cooling devices in warm conditions," *Build Environ*, p. 110213, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.buildenv.2023.110213.
- [62] H. Pallubinsky, "PhD Thesis: Humans and Warm Environments - Physiology, health and behavior," ISBN 9789462339453, Maastricht University, Maastricht, 2018.
- [63] L. Schellen, W. D. van Marken Lichtenbelt, M. G. L. C. Loomans, J. Toftum, and M. H. de Wit, "Differences between young adults and elderly in thermal comfort, productivity and thermal physiology in response to a moderate temperature drift and a steady-state condition," *Indoor Air journal*, vol. 20, no. 4, pp. 273–283, 2010.

5 Normen en richtlijnen

Naast de literatuurstudie zoals beschreven in hoofdstuk 3 en 4 zijn ook een aantal nationaal vastgestelde normen en richtlijnen geanalyseerd. Dit betreft uitsluitend nationale (Nederlandse) richtlijnen. De meeste normen en richtlijnen zijn niet in de wetgeving geborgd en worden daarom vrijwillig toegepast. Ook zijn er richtlijnen waar vanuit een privaatlabeel aan wordt gerefereerd. Specifiek voor het binnenklimaat van de langdurige zorg zijn geen algemene richtlijnen opgesteld, er zijn echter wel normen en richtlijnen gevormd voor woningen, scholen en kantoren. In dit stuk worden zowel het thermisch comfort en de binnenluchtkwaliteit besproken. Onderstaande Tabel 12 geeft een overzicht van de verschillende aspecten waaraan in de normen en richtlijnen eisen worden gesteld. Veelal worden voor deze aspecten binnenklimaat categorieën gebruikt waaraan specifieke waarden zijn gekoppeld.

Tabel 12. Overzicht van de prestatie-eisen binnenklimaat

Prestatie-eisen binnenklimaat	Binnentemperatuur	Temperatuuroverschrijding
		Wintercomfort
		Zomercomfort
	Lokaal discomfort	Temperatuurfluctuaties
		Vocht
		Straling
		Vloertemperatuur
	Luchtkwaliteit	Luchtverversing
		Luchtvochtigheid
		Spuiventilatie
		Luchtoevoer

Het Bouwbesluit stelt slechts een beperkt aantal eisen ten aanzien van het binnenklimaat. In Tabel 13 zijn de eisen weergegeven voor de nieuwbouwsituatie voor zowel woningen als de gezondheidszorg functie uit het Bouwbesluit 2012. Het Bouwbesluit 2012 stelt slechts een beperkt aantal eisen ten aanzien van het binnenklimaat. Zo worden er geen eisen gesteld aan het niveau fijnstof (PM_{2.5} en PM₁₀), en andere schadelijke stoffen zoals TVOC, radon, etc.. Deze worden feitelijk allemaal vertaald in een ventilatie-debiet-eis. De eisen in het Bouwbesluit zijn de minimale eisen die behaald moeten worden.

Tabel 13. Eisen Bouwbesluit 2012 voor nieuwbouw (woningen en gezondheidszorg)

Aspect	Eis woningen en gezondheidsfunctie
Binnentemperatuur	
Temperatuuroverschrijding	<i>Woonfunctie:</i> Er dient met een berekening te worden aangetoond dat het totaal aantal gewogen overschrijdingsuren in die woonfunctie op jaarbasis niet meer dan 450 is.
Luchtkwaliteit	
Luchtverversing	- verblijfsruimten: min 0,7 dm ³ /s per m ² (= 2,5 m ³ /uur per m ²) met een minimum van 7 dm ³ /s. - verblijfsgebieden: min 0,9 dm ³ /s per m ² (= 3,2 m ³ /uur per m ²) met een minimum van 7 dm ³ /s. - toilet: 7 dm ³ /s (= 25 m ³ /uur). - badkamer: 14 dm ³ /s (= 50 m ³ /uur). - keuken 21 dm ³ /s (= 76 m ³ /uur) <i>Gezondheidszorgfunctie grenswaarden:</i> - Bedgebie: 12 dm ³ /s per persoon - Ander verblijfsgebied: 6,5 dm ³ /s per persoon
Luchtoevoer	Luchtoevoer vindt rechtstreeks van buiten plaats. In afwijking hierop mag in een niet-gemeenschappelijke verblijfsruimte maximaal 50% van de verse lucht via een niet-gemeenschappelijk verblijfsgebied of niet-gemeenschappelijke verkeersruimte van dezelfde gebruiksfunctie worden aangevoerd. De toevoer van verse lucht veroorzaakt in de leef zone van een verblijfsgebied een volgens NEN 1087 bepaalde luchtsnelheid die niet groter is dan 0,2 m/s.

Luchtkwaliteit	De toevoer van de verse buitenlucht naar een verblijfsgebied vindt rechtstreeks van buiten plaats. Ten minste 21 dm ³ /s van de capaciteit van de afvoer van binnenlucht uit een verblijfsgebied of een verblijfsruimte waarin zich een opstelplaats voor een kooktoestel bevindt, wordt rechtstreeks naar buiten afgevoerd. De afvoer van binnenlucht uit een toiletruimte of een badruimte vindt rechtstreeks naar buiten plaats.
Beperking schadelijke stoffen en ioniserende straling	Een te bouwen bouwwerk is zodanig dat het ontstaan van een voor de gezondheid nadelige kwaliteit van de binnenlucht door de aanwezigheid van voor de gezondheid schadelijke stoffen en ioniserende straling beperkt is.

Andere normen zijn opgesteld binnen de Arbowetgeving, dit is een kaderwet en bevat vooral algemene bepalingen en richtlijnen en geen gedetailleerde regels. De wet wordt uitgewerkt in het Arbobesluit, met concretere regels en algemene voorschriften. De Arboregeling is daarop weer een verdere uitwerking en bevat bepalingen voor specifieke situaties. Op het gebied van thermisch comfort wordt met name een algemene beschrijving om een veilige en gezonde werkplek te realiseren voor werknemers en geen richtwaarden gegeven¹. In het Arbobesluit worden ook grenswaarden voor bepaalde (schadelijke/gevaarlijke) stoffen gegeven². Het Arboportaal van het ministerie van sociale zaken en werkgelegenheid benoemt nog dat de relatieve vochtigheid tussen 30-70% in een werksituatie als behaaglijk wordt ervaren.

In Nederland zijn er verder diverse richtlijnen opgesteld, de voornaamste is Stichting ISSO, Kleintje Binnenklimaat en Programma van Eisen Gezonde Woningen van Stichting BinnenklimaatTechniek. De wettelijke eisen die zijn gevormd door het Bouwbesluit 2012 en de Arbo regelgeving zijn een wettelijk minimum waaraan elk gebouw moet voldoen. Wanneer echter meer kwaliteit gewenst is, kunnen de richtlijnen worden gebruikt. De richtlijnen zijn ingedeeld in verschillende binnenklimaatklassen, waarbij klasse C overeenkomt met het wettelijk minimumniveau van het Bouwbesluit 2012, zie tabel 14 en de Arbo regelgeving. Verder is er bij de richtlijnen ook een klasse A en een klasse B waarbij klasse A het hoogste kwaliteitsniveau aangeeft. Bij Kleintje Binnenklimaat van Stichting ISSO is er ook nog een klasse D geformuleerd, dit staat voor het absolute minimum om ergens te kunnen leven/verblijven. Klasse D ligt wat betreft de kwaliteit echter onder de minimeisen van het Bouwbesluit 2012 voor nieuwbouw.

Tabel 14. Binnenklimaatklassen met beschrijving (volgens Kleintje Binnenklimaat, Stichting ISSO)

Klasse	Toelichting	Voorspelling ontevreden bewoners
A	Zeer goed - hoog verwachtingspatroon bij gebouwgebruikers ten aanzien van de kwaliteit van het binnenklimaat; (bijvoorbeeld als er sprake is van gebouwgebruikers die meer dan gemiddeld gevoelig zijn voor bijvoorbeeld hoge temperaturen of tocht)	Max 5%
B	Goed - gemiddeld verwachtingspatroon ten aanzien van de kwaliteit van het binnenklimaat; Niveau van reguliere nieuwbouw	Max 10%
C	Acceptabel (ca. wettelijk minimumniveau) – standaard verwachtingspatroon ten aanzien van de kwaliteit van het binnenklimaat;	Max 15%
D	Minimale verwachtingspatroon. Kies dit niveau enkel in bijzondere situatie, bijv. als referentieniveau bij metingen in monumentale panden.	Max 25%

In Tabel 15 zijn alle richtlijnen samengevoegd weergegeven, hierbij zijn de 4 verschillende binnenklimaatklassen A t/m D meegenomen.

Tabel 15. Samenvatting richtlijnen voor verschillende klassen.

Aspect	Klasse	Normen en richtlijnen (woning)	Normen en richtlijnen (gezondheidszorg)	Toelichting	Bronnen
Binnentemperatuur					
Wintercomfort	A	16 °C -24 °C	20 °C -24 °C	De richtlijnen voor langdurige gezondheidszorg en woningen zijn gelijk wat betreft wintercomfort. Echter er zijn specifieke richtlijnen voor een aantal ruimtes. Verpleegruimtes en gesloten afdelingen moeten een minimale temperatuur van 22 °C kunnen bereiken. De somatisch en psychogeriatrische afdeling moet kunnen verwarmen tot een temperatuur van 24 °C. Als laatste moeten badkamers ook een temperatuur van 24 °C kunnen bereiken.	Kleintje Binnenklimaat (2015), Stichting ISSO (2014), Cbz (2002), Programma van Eisen Gezonde Woningen (2022)
	B	16 °C -24 °C	20 °C -24 °C		
	C	16 °C -23 °C	19 °C -25 °C		
	D	18 °C -26 °C	18 °C -26 °C		
Zomercomfort	A	23 °C -26 °C	21 °C -26 °C	Opnieuw zijn de richtlijnen redelijk vergelijkbaar. De somatisch en psychogeriatrische afdeling moet echter een maximale temperatuur hebben van 25.5 °C.	Kleintje Binnenklimaat (2015), Stichting ISSO (2014), Cbz (2002), Programma van Eisen Gezonde Woningen (2022)
	B	Max 24 °C	21 °C -26 °C		
	C	Max 25°C	20 °C -27 °C		
	D	19 °C -27 °C	19 °C -27 °C		
Temperatuur-overschrijding (GTO)		Tenminste 95% van de gebruikstijd wordt aan de eisen voldaan.	Max 300 GTO uur	In huishoudens is 300 GTO uur acceptabel maar onder de 200 GTO uur is optimaal. Omdat bewoners van langdurige zorg aan 24 uur per dag in de woning aanwezig zijn, is dezelfde waarde van 300 GTO uur aangehouden.	Cbz (2007), Programma van Eisen Gezonde Woningen (2022)
Lokaal discomfort					
Temperatuurfluctuaties		< 4 K	< 3 K	Hiermee wordt bedoeld de temperatuurfluctuaties tussen de luchttemperatuur op hoofdhoogte en op enkelhoogte. Dit	Kleintje Binnenklimaat (2015), Stichting ISSO (2014)

				verschil moet zo klein mogelijk zijn maar het maximale verschil voor woningen en gezondheidszorg is hier weergegeven	
Tocht	A	Zomer: < 0.20 m/s Winter: < 0.10 m/s	Zomer: < 0.20 m/s Winter: < 0.10 m/s	Bij deze waardes is uitgegaan van een luchttemperatuur van 24 °C in de zomer en 20 °C in de winter. Klasse D is in dit geval geformuleerd als meer dan 15% is ontevreden over de tocht.	Kleintje Binnenklimaat (2015), Stichting ISSO (2014)
	B	Zomer: < 0.25 m/s Winter: < 0.15 m/s	Zomer: < 0.25 m/s Winter: < 0.15 m/s		
	C	Zomer: < 0.30 m/s Winter: < 0.20 m/s	Zomer: < 0.30 m/s Winter: < 0.20 m/s		
	D	Zomer: > 0.30 m/s Winter: > 0.25 m/s	Zomer: > 0.30 m/s Winter: > 0.25 m/s		
Stralingstemperatuur-asymmetrie		Bij een warm plafond <5°C; Bij een koude wand <10°C; Bij een koud plafond <14°C; Bij een warme wand <23°C	Bij een warm plafond <5°C; Bij een koude wand <10°C; Bij een koud plafond <14°C; Bij een warme wand <23°C.	Dit zijn de eisen als er een goede kwaliteit is vereist in de woning.	Kleintje Binnenklimaat (2015), Stichting ISSO (2014)
Luchtkwaliteit					
Luchtverversing	A	> 60 m ³ /h per persoon	> 10 m ³ /m ² *h	Voor de richtlijnen in de gezondheidszorg zijn de richtlijnen voor de patiëntenkamers gebruikt. Hier moet de minimale lucht volumestroom groter zijn dan in woningen.	Kleintje Binnenklimaat (2015), Stichting ISSO (2014), Programma van Eisen Gezonde Woningen (2022)
	B	> 40 m ³ /h per persoon	> 7 m ³ /m ² *h		
	C	> 25 m ³ /h per persoon	> 4 m ³ /m ² *h		
	D	> 2.5 m ³ /m ² *h	> 2.5 m ³ /m ² *h		
Luchtvochtigheid		Geen eis	Geen eis	Over het algemeen is er geen richtlijn voor de luchtvochtigheid van een ruimte	Kleintje Binnenklimaat (2015), Stichting ISSO (2014)
Luchttoevoer		Volwassen (zittend): 45 m ³ /h/pp Volwassen (verhoogd metabolisme): 112 m ³ /h/pp Het advies is dat de ventilatieluchttoevoer bij mechanische ventilatie minstens 16 °C is in de winter	Volwassen (zittend): 60 m ³ /h/pp Volwassen (verhoogd metabolisme): 150 m ³ /h/pp	De luchtkwaliteit moet hoger zijn in ziekenhuizen en slaapvertrekken dan in woningen. Dit is ook te zien in de opgestelde richtlijnen.	Kleintje Binnenklimaat (2015), Stichting ISSO (2014)
Spuiventilatie		Minimaal 6 dm ³ /s per m ² vloeroppervlakte	Minimaal 6 dm ³ /s per m ² vloeroppervlakte		Programma van Eisen Gezonde Woningen (2022)

5.1 Conclusie normen en richtlijnen

Het is opmerkelijk dat een aantal richtlijnen wel waarden adviseren maar hier slechts beperkte wetenschappelijke onderbouwing voor is. Veel van de gegeven advieswaarden lijken dan ook een expert opinion. Ook is het opvallend dat er, behoudens het Programma van Eisen Gezonde Woningen, in deze

normen en richtlijnen geen maximale niveaus van chemische stoffen en fijnstof worden gedefinieerd. De richtwaarden uit het Programma van Eisen Gezonde Woningen voor o.a. vluchtige organische stoffen, CO, NO₂ en PM_{2,5} (fijnstof) zijn overigens wel meegenomen in de literatuurstudie (zie tabel 5).

5.2 Discussie normen en richtlijnen

Naast nationale normen en richtlijnen zijn er ook een groot aantal internationale richtlijnen zoals vanuit ASHRAE (guideline 55 en 62) en van de WHO (IAQ guidelines). De nationale normen geven vooral een absolute luchthoeveelheid (verse lucht) die moet worden toegevoerd aan een ruimte. Deze luchthoeveelheid zal afhankelijk van de bronsterkte van de vervuilende bronnen resulteren in een bepaalde eindconcentratie. Het lijkt echter beter om in plaats van de minimale hoeveelheid verse buitenlucht eisen te stellen aan de concentratie van een bepaalde (schadelijke) stof. Dit is een beter vertrekpunt maar lastiger hanteerbaar voor de ontwerper en beheerder/eindgebruiker. In het hoofdstuk over de luchtkwaliteit, wordt de WHO-richtlijn ingezet als referentie bij de bepaling van de maximum aanvaardbare concentraties voor de daar besproken verontreinigingen. Daarbij is dit steeds, voor zover mogelijk vanuit de literatuur, specifiek voor ouderen in ogenschouw genomen en strikter gesteld als dat wenselijk wordt geacht.

5.3 Referenties normen en richtlijnen

- [1] Arbobesluit, 1, november 1999, Sdu uitgevers, Den Haag.
- [2] Bouwbesluit 2012, publicatiedatum 1 juli 2019, www.bouwbesluitonline.nl, (2019).
- [3] NEN 7120-1 Energieprestatie van gebouwen - Bepalingsmethode, Nederlands Normalisatie Instituut (2011)
- [4] NEN 1087 Ventilatie van gebouwen. Bepalingsmethoden voor nieuwbouw, Nederlands Normalisatie Instituut (2001).
- [5] RVO, Programma van Eisen Frisse Scholen 2021, Zwolle, The Netherlands, 2021.
- [6] ISSO-kleintje Ventilatie, Stichting ISSO (2020)
- [7] ISSO-kleintje Binnenklimaat, Stichting ISSO (2015)
- [8] ISSO – Thermische Behaaglijkheid, Stichting ISSO (2014)
- [9] Binnenklimaattechniek, Programma van Eisen Gezonde Woningen 2022, The Netherlands, 2022.
- [10] CBZ, College Bouwzorgvoorzieningen 2002
- [11] CBZ, College Bouwzorgvoorzieningen 2007

6 Algehele conclusie: voorstel aanvullende kwaliteitseisen

In dit hoofdstuk is op basis van de in de literatuur gevonden waarden een voorzet gegeven voor mogelijke aanvullende kwaliteitseisen voor de langdurige zorg. Indien voor een aspect geen waarde is gegeven kan dit aspect komen te vervallen of kan een waarde worden gegeven op basis van een expert opinion.

Tabel 16. Voorstel binnenluchtkwaliteit op basis van literatuur voor de langdurige zorg.

Aspect	Wettelijke eis Nederland	Advieswaarden
CO₂ concentratie & Luchtverversing	Zie Bouwbesluit voor debieten (Afdeling 3.6 en 3.7 [2012])	De CO ₂ -concentratie in verblijfsruimten ligt tijdens gebruikstijd op maximaal + 300 ppm boven de buitenluchtconcentratie
Luchtvochtigheid		
Woonkamer, Keuken, Slaapkamer, Verkeersruimte	Zie Bouwbesluit wering van vocht (Afdeling 3.5 [2012])	> 30% als bevochtiging (reeds) aanwezig is. In andere gevallen dient per situatie beoordeeld te worden of bevochtiging wenselijk is.
Badkamer	Zie Bouwbesluit wering van vocht (Afdeling 3.5 [2012])	Er is voorzien in een effectieve (automatische) regeling waarmee binnen twee uur na gebruik van de badkamer de luchtvochtigheid onder 70% RV is gebracht.
Micro-organismen		
Woonkamer, Keuken, Slaapkamer, Verkeersruimte	Zie Bouwbesluit wering van vocht (Afdeling 3.5 [2012])	In de verblijfsruimten mag geen zichtbare schimmel op de wanden of plafonds aanwezig zijn. In geval van vermoedens van problemen wordt de richtlijn van NVVA gehanteerd
Vluchtige Organische Stoffen		
		De formaldehyde (HCOH) concentratie bedraagt maximaal 30 µg/m ³ (30 min gemiddelde)
		De totale vluchtige organische stoffen oftewel TVOC-concentratie bedraagt maximaal 200 µg/m ³ .
CO & NO₂		
	Zie Bouwbesluit voor debieten t.b.v. afvoer rookgas (Afdeling 3.6 en 3.7 [2012])	Geen interne bronnen koolmonoxide (CO)
		De stikstofdioxide (NO ₂) concentratie bedraagt jaargemiddeld maximaal 10 µg/m ³
Fijnstof		
		De jaargemiddelde PM _{2.5} (fijnstof) concentratie is maximaal 5 µg/m ³ .
Asbest		
		In het gebouw zijn geen asbesthoudende materialen aanwezig.
Ozon		

		De ozon (O ₃) concentratie bedraagt maximaal 40 µg/m ³ (30 min gemiddelde)
--	--	---

Tabel 17. Voorstel thermisch comfort op basis van literatuur voor de langdurige zorg.

Aspect	Wettelijke eis Nederland	Advieswaarden
Binnentemperatuur		
Wintercomfort		Vitale ouderen: PMV -0,5 tot 0,5 Operatieve temperatuur 19°C - 25°C, met voorkeurstemperatuur van 22°C
		Ouderen met gezondheidsproblematiek: PMV 0 tot 0,5 Operatieve temperatuur 22°C - 25°C, met voorkeurstemperatuur van 22°C. Dit kan ook met 20°C op kamerniveau met mogelijkheden tot persoonlijke beïnvloeding waarmee 22°C - 25°C kan worden gerealiseerd.
		Andere cliëntdoelgroepen Voor doelgroepen met specifiek medicijngebruik, mensen met psychische beperkingen en/ of fysieke beperkingen dient maatwerk geleverd te worden.
		Verplegend personeel De operatieve temperatuur dient bij voorkeur ≤22°C te liggen in ruimtes waar verplegend personeel voornamelijk aanwezig is.
Zomercomfort		Gezonde ouderen: PMV -0,5 tot 0,5 Operatieve temperatuur 23°C - 27°C, met een voorkeurstemperatuur van 25°C.
		Ouderen met gezondheidsproblematiek: PMV 0 tot 0,5 Operatieve temperatuur 23°C - 26°C, met een voorkeurstemperatuur van 25°C.
		Andere cliëntdoelgroepen Voor doelgroepen met specifiek medicijngebruik, mensen met psychische beperkingen en/ of fysieke beperkingen dient maatwerk geleverd te worden.
		Verplegend personeel De operatieve temperatuur dient bij voorkeur 1,5-2°C lager te liggen dan de operatieve temperatuur voor ouderen.
Lokaal discomfort		
Temperatuur-fluctuaties		Maximaal 2 K/h
Tocht	NEN 1087	

	0,2 m/s op één meter van de ventilatieroosters in de leefzone.	<p>Voor de draft rate wordt geadviseerd om minimaal klasse B van ISSO 74/ NEN-EN ISO 7730 aan te houden: Draft rate: ≤20%</p> <p>De luchtsnelheid in de ruimtes bij bepaalde temperaturen zullen er dan als volgt uitzien: 20°C: 0,15 m/s 23°C: 0.19 m/s 26°C: 0.24 m/s</p>
Overige aspecten lokaal discomfort (verticaal temperatuurgradiënt, vloer temperatuur en stralingstemperatuur)		<p>ISSO 74/ NEN-EN-ISO 7730 Minimaal Klasse B</p>

Het expertisecentrum verduurzaming zorg wordt uitgevoerd door:

Stimular

MPZ

TNO

in afstemming met brancheorganisaties NFU, NVZ, ActiZ, VGN en de Nederlandse ggz

Contactpersoon: Stefan van Heumen; stefan.vanheumen@tno.nl



Er is geen garantie dat de bovenstaande informatie correct, up-to-date en/of volledig is. De informatie en vermelde gegevens zijn dan ook niet uitputtend bedoeld, de inhoud is van informatieve aard en is niet leidend voor een specifieke situatie.

Bijlage 1. Zoektermen voor literatuurstudies

Enkel de Engelse termen zijn getoond omdat deze actief zijn gebruikt.

Target group	Location	Environment		Health / perception / task performance
		Indoor air quality	Thermal indoor climate	
Senior	Healthcare complex	Indoor air quality	Indoor climate	Thermal comfort
Elderly	Care home	Ventilation	Air temperature (low / high)	Thermal sensation
Frail	Long-term care	Indoor air pollution	Radiant temperature	Perceived
Vulnerable	Living area	Dust	Comfort temperature	Mental performance
Carer	Sleeping area	Particulate matter (PM ₁ , PM _{2.5})	(Relative) humidity	Respiratory tract
Staff	Meeting area	VOC	Activity level	Sick building syndrome
Nurse	Kitchen	Micro-organism (bacteria)	Clothing insulation	Headache
Disabled	Bedroom	Biological agents	Air speed	Dry eyes / dry skin
Psychiatric patient	Living room	Odors / odours	Air movement	Symptom
Patient	Sanitary room / bathroom	CO ₂ / Carbon dioxide	Operative temperature	Complaint
Nutrition assistant	Small-scale housing	Airborne diseases (viruses)	Solar radiance	Draught / draft
Paramedical care	Intramural	Air supply / air exchange rate	Radiant asymmetry	Cold/warm limbs
Physio- / occupational therapy	Intramural setting	Mold grow / mould / fungus	Overheating	Skin-related complaints (dermatitis) scabies norvegica
Demented / Alzheimer patient	Nursing home	NO ₂ , Ozone, Formaldehyde, Acrolein, Radon	Cold exposure	Health
Wheelchair bound / wheelchair user	Residential home	Air purification	Personal control indoor environment	Local thermal comfort (hands, feet)
Bedridden	Residential facilities	Pressure hierarchy	Heat exposure	Sleep wake rhythm
	Long-term care facilities	Air conditioning / treatment	Thermal adaptation	Use of medication
	Institutionalized	Air filtering		Independence
	Cleaning			Mood
	Healthcare			Stress / heat stress
				Wellbeing
				Productivity
				Medical mistakes / errors
				Job satisfaction
				Task performance
				Olfactory comfort
				Building Related Illness
				Alertness / vigilance

				Death / mortality & morbidity
				Behaviour / behavior
				Predicted mean vote (PMV)
				Predicted percentage of dissatisfied (PPD)
				Hospital admission
				Sleep quality
				Physiology

Bijlage 2. Beoordelingsmatrix.

Deze matrix (rubric) is afzonderlijk ingevuld door twee personen, voor ieder artikel dat in zijn geheel is gelezen.

Onderzoeksvraag		1. Is er een noodzaak om voor huisvesting voor de langdurig zorg andere eisen te stellen aan het binnenklimaat? Moet hierbij een onderscheid gemaakt worden naar de cliënt en het personeel (vrijwillig danwel betaald), en eventueel het bezoek?								
Literatuuronderzoek:		2. Indien een bevestigend antwoord op vraag 1 wordt gegeven, welke waarden voor het thermische binnenklimaat en voor de luchtkwaliteit worden in de literatuur genoemd in dat geval?								
Nummer						In te vullen velden				
Titel						Velden die worden berekend				
Auteur										
Beoordelaar										
Toelichting Rubric										
		Goed 3	Voldoende 2	Onvoldoende 1	Ontbreekt 0	Opmerkingen/Toelichtingen	Score	Weging	Eindscore	
1. Reliability		De vraagstelling is adequaat geformuleerd	Er is een vraagstelling geformuleerd	De vraagstelling is onduidelijk geformuleerd	Er is geen vraagstelling			0.05	0	
		De belangrijkste en noodzakelijke kenmerken van het onderzoek zijn beschreven	De meeste kenmerken van het onderzoek beschreven	De beschrijving van de kenmerken van het onderzoek lijkt niet compleet.	Belangrijke kenmerken van het onderzoek ontbreken in zijn geheel.			0.05	0	
2. Context		Er wordt een relatie gelegd tussen het binnenklimaat (luchtkwaliteit en/of thermisch) en gezondheid en comfort in huisvesting voor langdurige zorg	Er wordt een relatie gelegd tussen het binnenklimaat (luchtkwaliteit en/of thermisch) en gezondheid en comfort in huisvesting voor zorg in het algemeen	Er wordt een relatie gelegd tussen het binnenklimaat (luchtkwaliteit en/of thermisch) en gezondheid en comfort in huisvesting anders dan zorggerelateerd	Er wordt geen relatie gelegd tussen het binnenklimaat (luchtkwaliteit en/of thermisch) en gezondheid en comfort in huisvesting.			0.2	0	
3. Methode	3.1. Algemeen	De methode is uitgebreid beschreven en correct voor het beantwoorden van de vraagstelling. Op basis van de methode kan het onderzoek op dezelfde manier worden uitgevoerd	De methode is zodanig beschreven dat beoordeeld kan worden dat deze correct is voor de vraagstelling.	De methode is summier beschreven en het wordt niet inzichtelijk gemaakt hoe het onderzoek precies is uitgevoerd. Het is niet duidelijk of met de methode de onderzoeksvraag beantwoord kan worden.	De methode is niet aanwezig			0.2	0	
		Er wordt daadwerkelijke gemeten aan het binnenklimaat en de gezondheid	Er wordt gemeten aan het binnenklimaat, gezondheid en comfort worden via perceptie beoordeeld, bijv. dmv. vragenlijsten	gezondheid en comfort worden via perceptie beoordeeld, bijv. dmv. Vragenlijsten. Er wordt niet gemeten.	nvt			0.05	0	
	3.2 Soort Studie	Het is een systematic review, RCT, gecontroleerd experiment (in-situ/lab)	Cohort studie, literatuurstudie, goed beschreven en controleerbare (meervoudige) casestudie	Het gaat om een praktijkervaring, expert opinie, perceptie	nvt			0.15	0	
		Een interventie op het binnenklimaat in een huisvesting voor langdurige zorg	Een interventie op het binnenklimaat in een huisvesting voor zorg (agemeen)	Een interventie op het binnenklimaat in huisvesting (agemeen)	nvt			0.05	0	
4. Resultaten		Er wordt een (statistisch onderbouwde) gekwantificeerde relatie gelegd tussen objectieve parameters van het binnenklimaat en objectieve parameters gerelateerd aan comfort en gezondheid (bijv. Infectie risico, gezondheidsklachten, ziekteverzuim, oververhitting)	Er wordt een (statistisch onderbouwde) gekwantificeerde relatie gelegd tussen objectieve parameters van het binnenklimaat en gepercipieerde parameters gerelateerd aan comfort en gezondheid (bijv. Gezondheidsklachten, beleving)	Er worden beperkt relaties gelegd tussen parameters van het binnenklimaat en parameters gerelateerd aan comfort en gezondheid, maar de onderbouwing is zwak	Er worden geen relaties gelegd tussen het binnenklimaat en comfort en gezondheid/			0.2	0	
5. Beperkingen/ Conclusies		Conclusie met duidelijke randvoorwaarden beschreven	Er is een conclusie met enkele randvoorwaarden beschreven	Er is een conclusie beschreven zonder duidelijke randvoorwaarden	nvt			0.025	0	
		Conclusie generiek toe te passen	Conclusie impliciet bruikbaar in een breder kader	Conclusie alleen specifiek toe te passen	nvt			0.025	0	
							0	1	0	

Bijlage 3. Verzamelde informatie uit geïncludeerde studies (voor zover relevant en mogelijk).

	Bron		Betrouwbaarheid	Methode						
Onderwerp	Artikel nr. 1e Auteur	Titel	Eindscore o.b.v. rubric	Type onderzoek	Onderzoeksopzet	Onderzoeksgroep	Locatie onderzoek	Onderzochte condities	indien van toepassing: Gecontroleerde (vaste) binnenmilieu condities	Duur onderzoek / interventie
Korte toelichting voor zover relevant geacht			Score tussen 1 - 3.	Systematic review, RCT, Experiment/Field study, Cohort, ...	No intervention, Between subject, within subjects, mixed design (n=xx, m/v)	Ouderen, PG-cliënten, somatische cliënten, werknemers ... (+ leeftijd, ...)	Lab, veldstudie LTCF, woning, huiskamer, slaapkamer ...	Blootstelling aan een operatieve temperatuur van 20°C versus 26°C.	RV=50%; verlichtingssterkte=500 lux; ... Of hebben deelnemers controle over een of meerdere parameters	5 uur per dag, totaal 7 dagen.

Methode				Resultaat/conclusie				Overig	
Periode (datum)	Uitkomstmaat / -maten	Meetmethode	Analyse	Effect op gezondheid	Effect op comfort	Effect op functioneren / (werk-)prestaties	Statistische onderbouwing (significantie of niet)	Opmerkingen (evt.)	Relevante figuren/tabellen
seizoen of datum (eventueel tijd van de dag)	Thermisch comfort, SBS, Headache, Alertness, ...	Vragenlijst bewoners (right-here/right-now of anders), interviews, meting hartslag, temperatuursensoren, ...	beschrijvend, statistisch (hoe)	SBS symptomen, medicijngebruik, slaap-waak ritme, .. (eventueel gekwantificeerde relatie)	Thermisch comfort, ervaren luchtkwaliteit, ... (eventueel gekwantificeerde relatie)	Alertheid, stress, onafhankelijkheid, productiviteit, ... (eventueel gekwantificeerde relatie)	gevonden waardes, relatie	Alleen essentiële opmerkingen, beknopt beschreven.	Hier zijn meer gedetailleerde en de meest relevante gegevens terug te vinden die in de verslaglegging gebruikt kunnen worden.

Bijlage 4. Klankbordgroep

In de klankbordgroep waren de volgende personen vertegenwoordigd:

Gert Ligtenberg	Carinova
Martien Bosboom	ASVZ
Henk Versteeg	LBP Sight
Joost van Hoof	De Haagse Hogeschool
Marcel Hijlkema	Woonzorg Nederland
Walid Atmar	Binnenklimaat Nederland / FME / NVI
Jan-Fokko de Haan	TVVL
Gertjan Middendorf	Binnenklimaat Techniek / Binnenklimaat Nederland

