



Onderzoek

ADIABATISCHE LUCHTBEVOCHTIGING IN ZIEKENHUIZEN

Veilig verduurzamen met aandacht voor hygiëne en microbiologische beheersing.

De belangrijkste bevindingen uit het TNO-rapport .

Adiabatische luchtbevochtiging in ziekenhuizen

Een praktische duiding van het kwalitatieve TNO-onderzoek, aangevuld met technische context vanuit Condair

Gebruik van bronmateriaal

Dit document is nieuw geformuleerd en bedoeld als eigen Condair-whitepaper. De inhoud verwijst naar bevindingen uit het TNO-rapport via paragraafverwijzingen, zonder tekst uit het rapport over te nemen. Productspecifieke toelichtingen over de Condair DL zijn als technische duiding in de lopende tekst verwerkt.

Index

1. Inleiding	4
2. Onderzoekopzet van TNO	4
3. Normen en richtlijnen: nog weinig specifiek voor adiabatische bevochtiging	4
4. Praktijkbeeld: waarom ziekenhuizen overstappen	5
5. Luchtvochtigheid, comfort en patiëntomgeving	5
6. Waterkwaliteit als eerste hygiënebarrière	6
7. Vochtige componenten: het belangrijkste aandachtspunt	6
8. Biofilmvorming: preventie is belangrijker dan herstel	6
9. Monitoring en onderhoud: behoefte aan standaardisatie	7
10. Monsterafnames: waar ontstaan aandachtspunten?	7
11. Twee centrale risicofactoren	7
12. Luchtzijdige beheersing: filters, UV-C en ontwerpkeuzes	8
13. Stoombevochtiging en adiabatische bevochtiging genuanceerd vergeleken	8
14. Grenzen van het onderzoek	8
15. Microbiologische grenswaarden: nog geen eenduidig antwoord	9
16. Praktische aanbevelingen voor ziekenhuizen	9
17. Hoe de Condair DL aansluit op de bevindingen	10
18. Conclusie	10
19. Bronverwijzingen per onderwerp	11

1. Inleiding

Ziekenhuizen staan voor de uitdaging om hun gebouwinstallaties te verduurzamen zonder concessies te doen aan comfort, infectiepreventie en bedrijfszekerheid. Luchtbevochtiging speelt daarin een bijzondere rol. Traditionele stoombevochtiging is betrouwbaar en vertrouwd, maar vraagt relatief veel energie. Adiabatische luchtbevochtiging wordt daarom steeds vaker onderzocht als alternatief, vooral in gebouwen waar gasloos ontwerpen, warmtepompen of WKO-installaties centraal staan. Het kwalitatieve onderzoek van TNO naar adiabatische luchtbevochtiging in ziekenhuizen geeft inzicht in de kansen, aandachtspunten en mogelijke microbiologische risico's van deze techniek. Het onderzoek is gebaseerd op een combinatie van literatuuronderzoek, interviews, locatiebezoeken en microbiologische monsterafnames bij Nederlandse ziekenhuizen die al adiabatische bevochtiging toepassen.

Deze whitepaper vertaalt de belangrijkste bevindingen uit het TNO-rapport naar een praktisch toepasbaar kennisdocument voor ziekenhuizen, adviseurs, installateurs en gebouwbeheerders. De technische toelichting vanuit Condair is in de tekst verweven, zodat duidelijk wordt hoe moderne adiabatische systemen, zoals de Condair DL, invulling kunnen geven aan de aandachtspunten die in het onderzoek naar voren komen.

Bron: TNO rapport §1, §1.1, §1.2 en §2.

Kernboodschap

Adiabatische luchtbevochtiging kan een energiezuinig alternatief zijn voor stoombevochtiging, mits het systeem hygiënisch wordt ontworpen, de waterkwaliteit continu wordt beheerst en onderhoud en monitoring structureel zijn ingericht.

2. Onderzoekopzet van TNO

TNO heeft het onderwerp benaderd als een kwalitatieve risicoanalyse. Daarbij is niet alleen gekeken naar normen en richtlijnen, maar ook naar de praktijk in ziekenhuizen. De interviews en locatiebezoeken geven inzicht in de manier waarop ziekenhuizen adiabatische bevochtiging toepassen, welke technische keuzes zijn gemaakt en hoe onderhoud en monitoring in de praktijk worden georganiseerd. De monsterafnames richtten zich op plaatsen waar microbiologische groei in theorie zou kunnen ontstaan, zoals aanzuigkanalen, filters, nozzles, lekbakken, bevochtigingspakketten, druppelvangers en waterpunten. De analyse had daarmee vooral als doel om kritische locaties en beheersmaatregelen te identificeren, niet om een algemene uitspraak te doen over alle adiabatische systemen in alle ziekenhuizen.

Bron: TNO rapport §2.1, §2.2, §2.3 en §2.4.

3. Normen en richtlijnen: nog weinig specifiek voor adiabatische bevochtiging

Een belangrijk uitgangspunt uit het TNO-onderzoek is dat specifieke richtlijnen voor adiabatische luchtbevochtiging in ziekenhuizen nog beperkt beschikbaar zijn. Veel bestaande normen en richtlijnen behandelen luchtbevochtiging in algemene zin of zijn historisch sterker gericht op stoombevochtiging. Daardoor ontstaat in de praktijk ruimte voor interpretatie, vooral bij microbiologische monitoring, minimale beheersmaatregelen en de beoordeling van verschillende adiabatische systeemprincipes. TNO benoemt ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170 als een van de weinige documenten waarin expliciete eisen voor adiabatische bevochtiging in zorgomgevingen worden genoemd. Daarbij gaat het met name om de kwaliteit van het toevoerwater, toepassing van RO-water, aanvullende UV-behandeling, submicronfiltratie, controle van waterkwaliteit en het voorkomen van ongewenste vochtophoping in luchtkanalen of componenten.

In Nederland en Duitsland wordt in de praktijk vaak gekeken naar VDI 6022 als leidraad voor hygiëne in luchtbehandelingsinstallaties. Deze richtlijn biedt nuttige handvatten voor inspecties, onderhoud en microbiologische controle, maar is niet specifiek geschreven voor de beoordeling van moderne adiabatische systemen in ziekenhuizen. Dat maakt het belangrijk dat ontwerp, leverancier en beheerder samen vastleggen hoe hygiëne, monitoring en onderhoud worden geborgd.

Naast normen en richtlijnen speelt ook BREEAM een rol bij de beoordeling van duurzame en gezonde gebouwen. Binnen BREEAM wordt adiabatische luchtbevochtiging niet alleen vanuit energie-efficiëntie bekeken, maar ook vanuit de randvoorwaarden voor veilig en hygiënisch gebruik. Daarmee sluit BREEAM aan bij de bredere ontwikkeling waarin verduurzaming van ziekenhuisinstallaties niet los kan worden gezien van gezondheid, comfort en microbiologische beheersing.

De Condair DL voldoet als enige hybride adiabatische luchtbevochtiger in de markt aan de nieuwe BREEAM beoordelingsrichtlijn "Interne luchtkwaliteit (HEA 02)"

Voor Condair betekent dit dat producteigenschappen niet los mogen worden gezien van het totale hygiëneconcept. Bij de Condair DL worden waterkwaliteit, automatische spoel- en leegloopfuncties, gecontroleerde zilverionisatie en onderhoudsprocedures gecombineerd in één systeemaanpak. Daarmee wordt niet alleen invulling gegeven aan de aandachtspunten die TNO benoemt, maar sluit het systeem ook aan bij beoordelingskaders waarin energie-efficiëntie, hygiëne en gebouwgezondheid samenkomen.

Bron: TNO rapport §3.1.1, §3.2.2 en §5. Aanvullend kader: BBREEM-kader voor duurzame en gezonde gebouwen, aanvullend op TNO

4. Praktijkbeeld: waarom ziekenhuizen overstappen

Uit de interviews blijkt dat ziekenhuizen verschillende strategieën hanteren. Sommige bevochtigen vrijwel het gehele gebouw, terwijl andere kiezen voor het principe 'geen bevochtiging, tenzij'. Vooral ruimtes met kwetsbare patiënten, operatiekamers en afdelingen met specifieke comfort- of proceseisen blijven daarbij belangrijk. De verschillen laten zien dat er in de praktijk nog geen volledig uniform beeld bestaat over de gewenste mate van luchtbevochtiging in de zorg.

De keuze voor adiabatische bevochtiging wordt volgens het onderzoek vooral ingegeven door verduurzaming. Ziekenhuizen willen het aardgasverbruik verminderen, energiekosten beperken en gebouwinstallaties beter laten aansluiten op warmtepompen, WKO-systemen en andere duurzame energieconcepten. Adiabatische bevochtiging past in die ontwikkeling, omdat geen stoomopwekking nodig is voor het toevoegen van vocht aan de lucht.

Condair ziet in de praktijk dat de energetische voordelen vooral groot worden wanneer het ontwerp integraal wordt bekeken. Bij ziekenhuizen met WKO is vaak warmte beschikbaar die anders onbenut moet worden afgevoerd middels drycoolers die ook weer energie kosten. Door deze warmte slim in te zetten voor de conditionering van lucht vóór de bevochtigungssectie, kan adiabatische bevochtiging zeer energie-efficiënt worden toegepast. Het gaat dus niet alleen om het bevochtigingssysteem zelf, maar om de samenhang tussen luchtbehandeling, warmtebalans en regeltechniek.

Bron: TNO rapport §3.2.1.

5. Luchtvochtigheid, comfort en patiëntomgeving

Het TNO-onderzoek laat zien dat ziekenhuizen verschillend kijken naar de noodzaak van luchtbevochtiging. Sommige ziekenhuizen koppelen luchtvochtigheid aan comfort en mogelijke gezondheidsaspecten, terwijl andere vooral bevochtigen waar dat functioneel of medisch noodzakelijk wordt geacht. In operatiekamers en afdelingen met kwetsbare patiënten worden vaak strengere eisen gehanteerd dan in algemene kantoor- of poliklinische omgevingen.

Deze verschillen in benadering laten zien dat luchtvochtigheid niet uitsluitend als technisch installatievraagstuk moet worden gezien, maar ook als onderdeel van de bredere patiënt- en werkomgeving. Dit sluit aan bij onderzoek van Kudo et al. in PNAS, uitgevoerd door onderzoekers van onder meer Yale University. In deze studie werd aangetoond dat lage relatieve luchtvochtigheid de afweer tegen influenza-infectie kan verzwakken, onder andere door een verminderde werking van de mucociliaire klaring, een lagere aangeboren antivirale respons en minder effectief herstel van luchtwegweefsel. Daarmee ondersteunt het onderzoek het bredere uitgangspunt dat een te droog binnenklimaat relevant kan zijn voor de bescherming van luchtwegen en de weerbaarheid tegen respiratoire infecties.

Voor Condair is dit onderscheid belangrijk. Luchtbevochtiging hoeft niet overal op dezelfde manier of met dezelfde intensiteit te worden toegepast. Een goed ontwerp begint met de vraag welke ruimtes daadwerkelijk een gecontroleerde relatieve luchtvochtigheid nodig hebben. Daarna kan per luchtbehandelingskast of gebouwdeel worden bepaald welke techniek, capaciteit en beveiliging passend is. De Condair DL is daarbij geschikt voor situaties waarin een nauwkeurige regeling en hygiënische werking belangrijk zijn. Door de modulaire opbouw en regelbaarheid kan het systeem worden afgestemd op de gevraagde capaciteit, ook wanneer niet het volledige ziekenhuis maar specifieke afdelingen of luchtgroepen moeten worden bevochtigd.

Bron: TNO rapport §3.2.1.

Aanvullende wetenschappelijke context: Kudo et al., 2019, PNAS,

“Low ambient humidity impairs barrier function and innate resistance against influenza infection”.

De Condair DL beperkt dit risico door het watermanagement en de hygiënefuncties centraal in het systeemontwerp op te nemen. De gecontroleerde dosering van zilverionen in het water zorgt ervoor dat de antimicrobiële werking niet uitsluitend afhankelijk is van materiaaladditieven die na verloop van tijd kunnen afnemen. In combinatie met onderhoud en monitoring draagt dit bij aan een preventieve benadering van biofilmrisico's.

Bron: TNO rapport §3.4 en §5.

9. Monitoring en onderhoud: behoefte aan standaardisatie

Uit de interviews blijkt dat ziekenhuizen microbiologische monitoring niet allemaal op dezelfde manier uitvoeren. Sommige ziekenhuizen meten luchtkwaliteit rond de installatie of in specifieke situaties, bijvoorbeeld bij verdenking van een probleem of tijdens bouwactiviteiten. Andere ziekenhuizen geven aan dat zij nog geen vast protocol hebben voor microbiologische controle van adiabatische bevochtiging.

TNO signaleert daarom een duidelijke behoefte aan gestandaardiseerde monitoring. Een uniform protocol zou ziekenhuizen helpen om installaties onderling beter te vergelijken, trends eerder te herkennen en onderhoud meer risicogestuurd uit te voeren. Daarbij ligt het voor de hand om niet alleen watermonsters, maar ook oppervlaktecontroles en waar nodig luchtmetingen te combineren.

Condair adviseert om onderhoud niet te beperken tot een jaarlijkse technische controle. Juist bij adiabatische bevochtiging is het belangrijk dat de waterbehandeling, spoelfuncties, afwatering, filters, nozzles en hygiënefuncties periodiek worden gecontroleerd. Voor kritische ziekenhuisomgevingen kan dit worden aangevuld met een monitoringsplan waarin meetlocaties, frequenties, grenswaarden en opvolgacties vooraf zijn vastgelegd.

Bron: TNO rapport §3.2.2, §3.2.3 en §5.

10. Monsterafnames: waar ontstaan aandachtspunten?

De monsterafnames uit het TNO-onderzoek geven vooral inzicht in mogelijke kritische locaties binnen installaties. De resultaten laten zien dat aanzuigkanalen, lekbakken en bepaalde waterpunten aandacht verdienen. Dat is logisch: aanzuiglucht kan stof en biologische deeltjes bevatten, terwijl vochtige of slecht afwaterende onderdelen gunstige omstandigheden kunnen creëren voor microbiologische groei.

Tegelijkertijd moet voorzichtig worden omgegaan met het trekken van algemene conclusies uit deze metingen. De onderzochte installaties verschilden in type, ontwerp, gebruiksduur, onderhoud en toegankelijkheid. Bovendien kon niet op elke locatie dezelfde set monsters worden genomen. De waarde van de metingen ligt daarom vooral in het aanwijzen van risicoplekken en het onderbouwen van de noodzaak voor monitoring.

Voor Condair bevestigt dit dat een hygiënische installatie begint bij een goed ontwerp van de volledige luchtbehandelingskast. De bevochtiger is daarin één component. Ook voorfilters, aanzuigsecties, lekbakken, afvoeren, inspectieluiken en onderhoudstoegang bepalen of het systeem in de praktijk schoon en controleerbaar blijft.

Bron: TNO rapport §3.3 en §4.1.

11. Twee centrale risicofactoren

TNO onderscheidt twee hoofdthema's in de risicoanalyse: Microbiologische groei in pakketbevochtigers, druppelvangsters en andere vochtige onderdelen van de installatie, evenals mogelijke microbiologische verontreiniging in de lucht. Deze twee factoren hangen samen, maar vragen niet altijd om dezelfde beheersmaatregelen. Groei in een component ontstaat vooral door vocht, voedingsbodem, stilstand en onvoldoende reinigbaarheid. Verspreiding via lucht hangt daarnaast af van luchtstroming, filtratie en de locatie van eventuele verontreiniging.

Maatregelen zoals RO-water, UV-behandeling, zilverionen, periodiek onderhoud, spoelcycli en HEPA-filtratie hebben elk hun eigen werking en beperkingen. Geen enkele maatregel is op zichzelf voldoende voor alle componenten en alle situaties. Het onderzoek onderstreept daardoor het belang van een systeemaanpak waarin meerdere beveiligingslagen elkaar aanvullen.

De Condair DL sluit aan bij die benadering door waterbehandeling, regeltechniek, automatische hygiëneprogramma's en onderhoudsconcept te combineren. Waar HEPA-filtratie vooral een maatregel aan de luchtzijde is, richten RO-water, zilverionisatie, leegloop en spoelprogramma's zich op het voorkomen van microbiologische groei in het bevochtigingssysteem zelf.

Bron: TNO rapport §3.4.

12. Luchtzijdige beheersing: filters, UV-C en ontwerpkeuzes

Naast water- en componenthygiëne beschrijft TNO ook maatregelen om eventuele microbiologische verontreiniging in de luchtstroom te beperken. Voorfilters verminderen de hoeveelheid stof en deeltjes die de luchtbehandelingskast binnenkomen. In kritische ruimten, zoals operatiekamers of afdelingen met immuungevoelige patiënten, kan een HEPA-filter een extra beveiligingslaag vormen.

HEPA-filtratie is effectief, maar brengt hogere weerstand, energiekosten en onderhoud met zich mee. Daarom moet per toepassing worden afgewogen of deze maatregel noodzakelijk is. UV-C in luchtkanalen kan aanvullend worden overwogen, maar de effectiviteit hangt sterk af van verblijftijd, intensiteit, kanaalontwerp en luchtcondities.

Voor Condair ligt de voorkeur bij een ontwerp waarin de kans op microbiologische groei al vóór de luchtzijdige eindbeveiliging wordt beperkt. Filtratie en UV-C kunnen nuttige aanvullende maatregelen zijn, maar vervangen geen goede waterbehandeling, betrouwbare afwatering en preventieve hygiënefuncties in de bevochtigingssectie.

Bron: TNO rapport §3.4.

13. Stoombevochtiging en adiabatische bevochtiging genuanceerd vergeleken

Stoombevochtiging wordt vaak als microbiologisch veilig beschouwd omdat het toevoerwater wordt verhit. TNO nuanceert dit beeld door aan te geven dat deze aanname vooral geldt voor het water zelf. Ook bij stoomsystemen kunnen in kanalen of oppervlakken omstandigheden ontstaan waarin condens en vocht aanwezig zijn. Daardoor blijft een goed luchttechnisch ontwerp ook bij stoombevochtiging belangrijk.

Adiabatische bevochtiging vraagt een andere vorm van risicobeheersing. Omdat het water niet via stoomproductie wordt verhit, moeten waterkwaliteit, desinfectie, materiaalkeuze, afwatering, monitoring en onderhoud aantoonbaar goed zijn ingericht. Wanneer dit integraal gebeurt, kan adiabatische bevochtiging een duurzaam alternatief vormen voor stoombevochtiging.

Voor ziekenhuizen is de juiste vraag daarom niet of adiabatisch per definitie veiliger of risicovoller is dan stoom, maar onder welke ontwerp- en onderhoudsvoorwaarden het systeem veilig en betrouwbaar functioneert. De Condair DL is ontwikkeld vanuit dit uitgangspunt: energiezuinige adiabatische bevochtiging combineren met een aantoonbaar hygiëneconcept.

Bron: TNO rapport §1, §3.4 en §5.

14. Grenzen van het onderzoek

TNO geeft aan dat het onderzoek kwalitatief van aard is en gebaseerd is op een beperkt aantal ziekenhuizen. Dat is begrijpelijk, omdat nog relatief weinig Nederlandse ziekenhuizen adiabatische luchtbevochtiging toepassen. Bovendien waren sommige installaties nog maar kort in gebruik, waardoor de ervaringen niet altijd meerdere seizoenen omvatten.

Ook de monsterafnames hadden praktische beperkingen. Niet elke luchtbehandelingskast kon volledig worden geopend en niet alle meetlocaties waren overal bereikbaar. Daardoor zijn de resultaten vooral geschikt om aandachtspunten te benoemen, niet om harde algemene uitspraken te doen over alle typen installaties.

Voor Condair betekent dit dat de resultaten vooral moeten worden gebruikt als basis voor risicobewust ontwerp en verdere professionalisering van monitoring. De uitkomsten ondersteunen de noodzaak van goede hygiëneconcepten, maar moeten niet worden gelezen als een volledige certificering of afwijzing van één techniek of systeemtype.

Bron: TNO rapport §4.1.

15. Microbiologische grenswaarden: nog geen eenduidig antwoord

Een van de onderzoeksvragen van TNO was welke microbiologische eisen in kve/m³ aan de lucht na een adiabatisch bevochtigingssysteem zouden moeten worden gesteld. Op basis van de onderzochte literatuur en de kwalitatieve analyse kon hier geen eenduidige grenswaarde voor worden vastgesteld. Wel bestaan er richtwaarden en protocollen voor waterkwaliteit en microbiologische monitoring in bredere zin.

Dit is een belangrijk punt voor ziekenhuizen. Zonder algemeen geaccepteerde grenswaarden moet de beoordeling van adiabatische bevochtiging worden gebaseerd op een combinatie van ontwerpprincipes, onderhoudsregime, waterkwaliteit, inspectieresultaten, systeemdata en risicobeoordeling per toepassing. Voor kritische ruimten kan dit worden aangevuld met extra monitoring en validatie.

Condair adviseert daarom om bij nieuwbouw, renovatie of vervanging van stoombevochtiging niet alleen een productspecificatie op te stellen, maar ook een hygiëne- en monitoringsplan. Daarin moeten onder andere waterbehandeling, meetpunten, onderhoudsfrequenties, alarmgrenzen, spoelprogramma's en verantwoordelijkheden worden vastgelegd.

Bron: TNO rapport §1.2 en §5.

16. Praktische aanbevelingen voor ziekenhuizen

Op basis van de bevindingen uit het TNO-rapport en de technische praktijkervaring van Condair zijn de volgende aanbevelingen relevant voor ziekenhuizen die adiabatische luchtbevochtiging toepassen of overwegen:

- Start met een ruimte- en risicoanalyse: bepaal waar luchtbevochtiging noodzakelijk is en welke afdelingen extra kritisch zijn. Neem daarbij ook wetenschappelijke inzichten mee over de relatie tussen droge binnenlucht en patiëntveiligheid. Onderzoek van Harvard Medical School in een ziekenhuisomgeving laat zien dat afdelingen zonder adequate luchtbevochtiging gevoeliger kunnen zijn voor hogere infectierisico's, meer complicaties en langere nazorg bij kwetsbare patiënten. In het onderzoek werden twee vergelijkbare afdelingen beoordeeld, waarvan één met en één zonder luchtbevochtiging. Voor kritische afdelingen onderstreept dit het belang van een gecontroleerde relatieve luchtvochtigheid als onderdeel van een gezonde en veilige patiëntomgeving.
- Kies voor hoogwaardige waterbehandeling met RO-water en aanvullende beveiliging, zoals UV-behandeling en continue kwaliteitsbewaking.
- Voorkom stilstaand water door een goed ontwerp van lekbakken, afvoeren, leidingen, spoelprogramma's en leegloofuncties.
- Beoordeel vochtige componenten op reinigbaarheid, inspecteerbaarheid en risico op biofilmvorming.
- Leg onderhoud en microbiologische monitoring vast in een protocol met meetlocaties, frequenties en opvolgacties.
- Stem de keuze voor HEPA-filtratie of aanvullende luchtzijdige beveiliging af op de gevoeligheid van het betreffende gebouwdeel.
- Betrek naast techniek en facilitair beheer ook infectiepreventie, medische microbiologie en arbeidshygiëne bij de beoordeling.
- Vraag bij leveranciers niet alleen naar capaciteit en energiegebruik, maar ook naar het volledige hygiëneconcept en de onderbouwing daarvan.
- Kies in kritische zorgomgevingen bij voorkeur voor een systeem zonder bevochtigingspakket (zoals bij pakketbevochtigers) of druppelvanger. Deze componenten kunnen door hun vochtige oppervlak en constructie gevoeliger zijn voor microbiologische aangroei, zeker wanneer water onvoldoende wordt afgevoerd of biofilmvorming optreedt. Daarmee kunnen zij een potentieel risico vormen voor de luchtkwaliteit en voor kwetsbare patiënten, bezoekers en medewerkers.

Bron: TNO rapport §3.1.1, §3.2.2, §3.3, §3.4 en §5.

17. Hoe de Condair DL aansluit op de bevindingen

De bevindingen uit het TNO-onderzoek sluiten aan bij de uitgangspunten waarop de Condair DL is ontwikkeld. Het systeem is niet alleen bedoeld om lucht energiezuinig te bevochtigen, maar ook om de hygiëniserisico's die horen bij adiabatische bevochtiging preventief te beheersen.

Aandachtspunt uit TNO-rapport	Technische invulling bij Condair DL
Waterkwaliteit is essentieel	Gebruik van RO-water met continue bewaking van de geleidbaarheid en automatische beveiliging wanneer de waterkwaliteit niet voldoet.
Vochtige componenten vormen risico	Automatische leegloop- en spoelfuncties beperken stilstand en ondersteunen een hygiënische bedrijfsvoering.
Biofilm moet preventief worden voorkomen	Gecontroleerde toevoeging van zilverionen aan het water draagt bij aan remming van microbiologische groei in vochtige delen.
Monitoring en onderhoud zijn noodzakelijk	Onderhoudsconcept en systeemalarmen ondersteunen periodieke controle en opvolging.
Energiegebruik is belangrijke drijfveer	Adiabatisch principe maakt inzet mogelijk in duurzame installatieconcepten, bijvoorbeeld met WKO of warmtepomp.
Geen generieke grenswaarde voor luchtkwaliteit	Risicogestuurde benadering mogelijk met combinatie van waterbehandeling, systeemmonitoring en aanvullende luchtzijdige maatregelen waar nodig.

Bron: TNO rapport §3.1.1, §3.3, §3.4 en §5. Condair-invulling op basis van productspecifieke technische duiding.

18. Conclusie

Het TNO-onderzoek bevestigt dat adiabatische luchtbevochtiging in ziekenhuizen serieuze aandacht vraagt voor waterkwaliteit, vochtige componenten, onderhoud en microbiologische monitoring. Tegelijkertijd laat het onderzoek zien dat de overstap naar adiabatische bevochtiging past binnen de verduurzamingsopgave van ziekenhuizen en kan bijdragen aan het verminderen van energiegebruik en aardgasafhankelijkheid. Voor een veilige toepassing is echter niet alleen de keuze voor adiabatische bevochtiging van belang, maar vooral ook het gekozen systeemprincipe.

In kritische zorgomgevingen verdient het de voorkeur om systemen met pakketbevochtigers en druppelvangers te vermijden, omdat deze componenten langdurig vochtig kunnen blijven en door hun constructie gevoeliger zijn voor microbiologische aangroei en biofilmvorming. Een systeem zonder bevochtigingspakket of druppelvanger beperkt deze risicofactoren en sluit beter aan bij een hygiënisch ontwerp voor ziekenhuizen.

De belangrijkste les is dat adiabatische bevochtiging niet als los component moet worden beoordeeld. Veiligheid en betrouwbaarheid ontstaan door de combinatie van systeemontwerp, waterbehandeling, regeltechniek, afwatering, inspectie, onderhoud en monitoring. Vooral preventie van microbiologische groei is essentieel, omdat correctie achteraf niet altijd eenvoudig is. Voor Condair onderstrepen de bevindingen de waarde van een integraal hygiëneconcept zoals toegepast in de Condair DL. Door continue bewaking van waterkwaliteit, gecontroleerde zilverionisatie, automatische leegloop- en spoelfuncties en een onderhoudsgerichte systeemopbouw kan adiabatische luchtbevochtiging op een verantwoorde manier worden ingezet in kritische ziekenhuisomgevingen.

Bron: TNO rapport §5, aangevuld met technische duiding vanuit Condair.

19. Bronverwijzingen per onderwerp

Onderwerp in deze whitepaper	Verwijzing naar TNO-rapport	Aanvullende bron / duiding
Achtergrond en onderzoeksvragen	TNO rapport §1, §1.1 en §1.2	-
Onderzoeksopzet	TNO rapport §2.1 t/m §2.4	-
Normen en richtlijnen	TNO rapport §3.1 en §3.1.1	BREEAM-kader voor duurzame en gezonde gebouwen, indien besproken
Praktijk in ziekenhuizen	TNO rapport §3.2.1	Condair-duiding over toepassing per ruimte, afdeling of luchtgroep
Luchtvochtigheid, comfort en patiëntomgeving	TNO rapport §3.2.1	Kudo et al., 2019, PNAS / Yale University, over lage luchtvochtigheid en afweer tegen influenza
Monitoring en onderhoud	TNO rapport §3.2.2 en §3.2.3	Condair-duiding over onderhoud, automatische spoel- en leegloopfuncties
Monsterafnames	TNO rapport §3.3	Condair-duiding over waterkwaliteit, lekbakken en zilverionisatie
Risicoanalyse en mitigerende maatregelen	TNO rapport §3.4	Condair-duiding over systeemontwerp, bevochtigingsprincipe en hygiënemaatregelen
Beperkingen van het onderzoek	TNO rapport §4.1	-
Conclusies en openstaande vraag rond kve/m ³	TNO rapport §5	Condair-duiding over praktische beheersmaatregelen en systeemkeuze

Toelichting op brongebruik

De verwijzingen naar het TNO-rapport hebben betrekking op de onderzoeksopzet, bevindingen, praktijkobservaties en conclusies uit het kwalitatieve onderzoek naar adiabatische luchtbevochtiging in ziekenhuizen. Aanvullende verwijzingen, zoals BREEAM en wetenschappelijke studies over luchtvochtigheid en gezondheid, zijn toegevoegd als bredere context en maken geen onderdeel uit van het TNO-rapport. De productspecifieke interpretaties over de Condair DL zijn technische duidingen vanuit Condair.

Nederland

Condair B.V.
Gyroscoopweg 21, 1042 AC, Amsterdam
Tel: +31 (0)20 705 8200
info@condair.nl - www.condair.nl

België

Condair N.V.
De Vunt 13 bus 5, 3220, Holsbeek
Tel: +32 (0)16 98 02 29
info@condair.be - www.condair.be

