

Kans of bedreiging voor installatiebedrijven?

Levensduur van HVAC installaties

Levensduurgegevens in de gebouwde omgeving zijn zeer schaars. De Rijksgebouwendienst (Rgd) heeft daarom, in samenwerking met Asset Management Consultancy en de brancheorganisaties NVKL en VLA, een techniek ontwikkeld deze op een onderbouwde manier te bepalen via expertmeningen op basis van de NEN 2767. De resultaten van twee pilot projecten tonen aan dat deze experts betrouwbare schattingen kunnen geven van het verloop van NEN-condities in de tijd, inclusief de inherente spreiding (kansaspecten). Met deze kennis kunnen onderhoudsbeslissingen in termen van 'kosten-baten' over de levenscyclus worden onderbouwd. De Rgd heeft een softwarepakket laten ontwikkelen dat zij ter beschikking stelt van brancheorganisaties om daarmee een eigen database op te bouwen.

C.F.H. (Cyp) van Rijn, Asset Management Consultancy, R.G. (Ronald) Kollaard, Rijksgebouwendienst Directie Beheer en C.M. (Coen) van de Sande, projectmanager FME-NVKL

Gebouweigenaren leggen, via lange termijn prestatiecontracten zoals PPS, Dbfmo of main contracting, in toenemende mate het volledig technische beheer neer bij contractors. Voor laatstgenoemden is dit een belangrijke uitbreiding van hun markt, maar, omdat zij nu ook aansprakelijk zijn voor de technische conditie, leidt dit ook tot aanzienlijke economische risico's. Waar vervangingsinvesteringen tot zeven maal de kosten van (preventief, correctief) onderhoud overstijgen, wordt het bereiken van de technische levensduur van systeemonderdelen een kritische contract parameter. Ook bij het afsluiten van een contract zal een gebouweigenaar willen uitgaan van onderbouwde levensduren, daarin gesteund door wettelijke maatregelen als de op conformiteit uitgewerkte EU-richtlijn in het Burgerlijk Wetboek.

In conflictsituaties zal de rechter uitgaan van een 'geaccepteerde' levensduur. Echter, geaccepteerde en onderbouwde gegevens over levensduren ontbreken. De Rijksgebouwendienst (Rgd) heeft daarom, in samenwerking met Asset Management Consultancy en de brancheorganisaties NVKL en VLA, een techniek ontwikkeld om op basis van de NEN 2767 via expertmeningen dergelijke levensduren op een onderbouwde manier te bepalen. Hierbij wordt uitgegaan van een inherente spreiding (onzekerheid) in deze waarden, die wordt veroorzaakt door de initiële kwaliteit, het samenbouwen, de belasting en het onderhoud van de onderdelen van een luchtbehandelingsinstallatie. Het voordeel van een dergelijke kansmatige levensduur bepaling ligt in zowel de afschatting van de zakelijke

risico's als in de acceptatie van dergelijke onzekerheid in conflictsituaties.

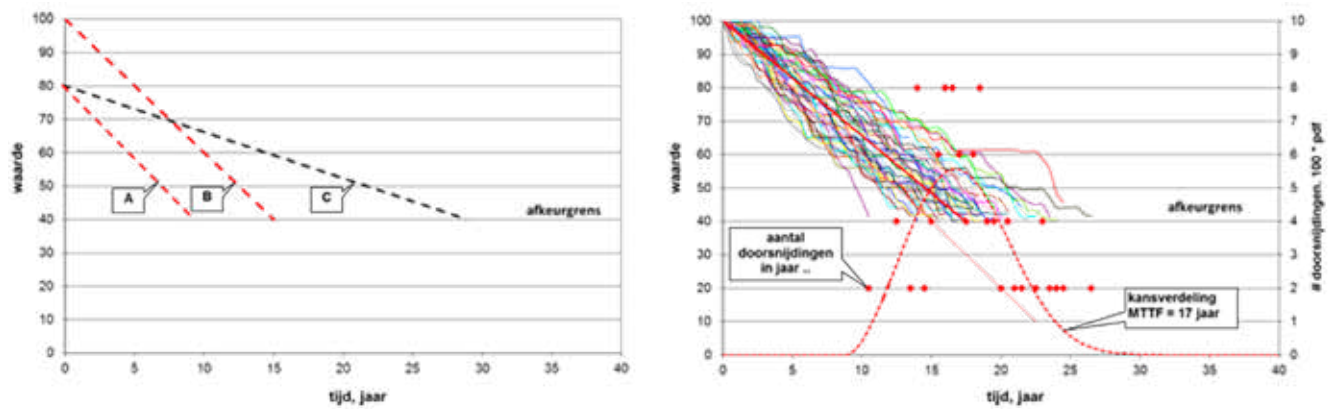
Op basis van twee geslaagde pilot projecten (luchtbehandelingskast, koelmachine) heeft de Rgd een softwarepakket laten ontwikkelen dat zij ter beschikking stelt aan brancheorganisaties om daarmee een branche-eigen database op te bouwen. Voorwaarde is dat de resultaten beschikbaar zijn voor andere partijen, zoals opdrachtgevers, ontwerpers etc., om daarmee onderbouwde vervangingsinvesteringen en onderhoudsprogramma's vast te stellen.

■ ACHTERGROND

De Rijksgebouwendienst beheert circa 2.000 objecten, variërend van 350 monumenten tot gebouwen van verschillende aard zoals paleizen, kantoren penitentiaire inrichtingen



-Figuur 1- Voorbeeld van een beschikbaarheidsblokdiagram van een luchtbehandelingskast



-Figuur 2-

en musea; in totaal circa 7.000.000 m² bruto vloeroppervlak. Om dit areaal effectief te beheren participeert de Rgd van oudsher actief in de ontwikkeling van normen en beheerstrategieën. Zij gebruikt de NEN 2767, als mede-ontwikkelaar, voor het vaststellen van een meerjarenonderhoudsprognose (MOP) aan de hand van gebouwinspecties, wensen van de gebruiker en de vigerende vastgoed visie. De RGD ontwikkelde RgdBOEI® om het instandhoudingsproces van een gebouw te organiseren op basis van integrale, efficiënte en doelmatige afweging van diverse deelaspecten op het gebied van brandveiligheid, onderhoud, energie en inzicht in het voldoen aan de wet en regelgeving. Het meer-jaarlijks onderhoud wordt gestuurd op basis van risico-inschattingen. Duurzaamheid wordt projectmatig aangepakt; van alle alternatieven worden levensduurkosten berekend. De Rgd stimuleert middellange termijncontracten en publiek private samenwerking (PPS) voor gebouw gebonden huisvestingsprojecten. Ondanks deze inspanningen blijken verwachte investeringen, zoals neergelegd in de MOP, af te wijken van de praktijk. Hierdoor ontstaan onacceptabele meerjarenbudgetonder- en -overschrijdingen. De brancheorganisaties NVKL en VLA behartigen de belangen van erkende leveranciers, installateurs en onderhoudsfirma's van gebouw gebonden koel-, klimaat- en luchtbehandelingsystemen. In deze branche wordt circa 2.5 miljard euro per jaar uitgegeven aan vervangingsonderhoud ten opzichte van 350 miljoen aan preventief en correctief onderhoud. Voor deze bedrijven zijn de lange termijncontracten en PPS constructies een nieuwe markt, sterk afwijkend van de traditionele die is gebaseerd op inspannings-

verplichtingen. Echter, zij lopen nu een groter risico onderdelen van installaties tijdens een contractperiode op eigen kosten te moeten vervangen. In alle hiervoor genoemde voorbeelden is het, voor zowel de leverancier, de onderhoudsfirma als de gebouwbeheerder noodzakelijk een betrouwbare inschatting te kunnen maken van de technische levensduur van systemen en hun elementen; wanneer ontstaat de noodzaak van vervanging van componenten, elementen en/ of het gehele systeem?

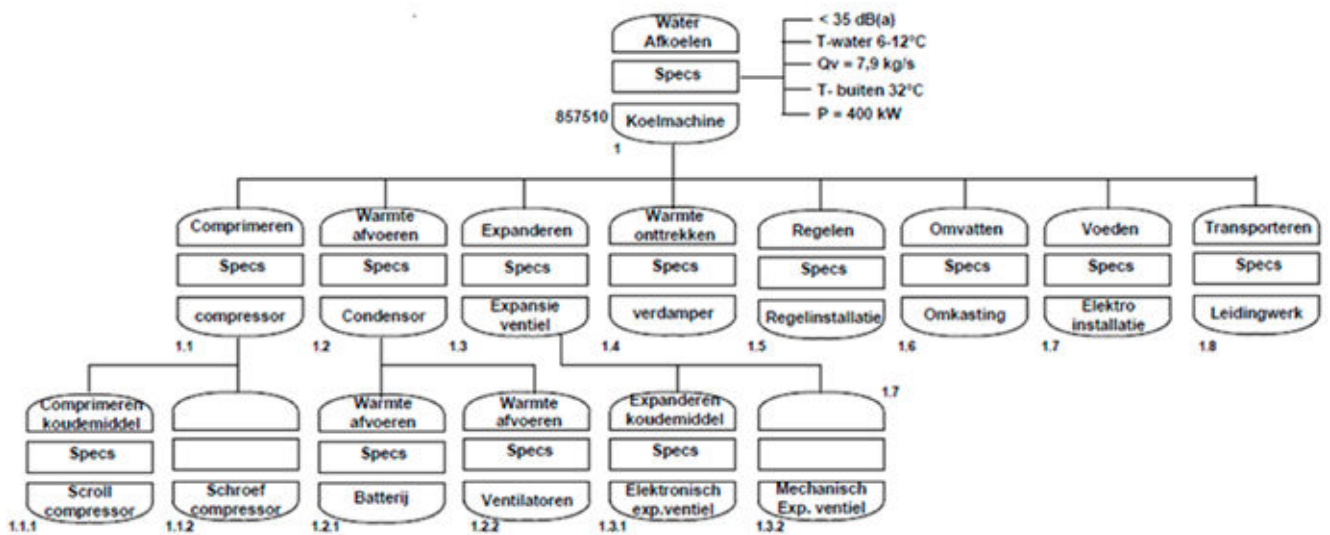
■ VERGELIJKING MET INDUSTRIE

In de grootschalige industrie is onderhoud op basis van risico (Risk Based maintenance, RBM) al decennialang gemeengoed. Industriële ontwerpen worden standaard doorgerekend op totale levensduurkosten, dat wil zeggen van aanschaf, gebruik en onderhoud tot afstoting en uiteindelijk sloop. Hierbij spelen ook de gevolgskosten van technisch falen een belangrijke rol; vaak overstijgen die de kosten van onderhoud met een factor 10 tot 100. Voor de beoordeling van ontwerp alternatieven gebruikt de industrie z.g. beschikbaarheidsblokdiagrammen, zoals weergegeven in figuur 1 (in dit geval, voor een luchtbehandelingskast). Met behulp van softwarepakketten berekent men de kans op het vervullen van een functionele eis, zoals een gedefinieerd productievolume per uur, gegeven een procesontwerp, keuze van onderdelen en gekozen onderhoudsstrategie. De benodigde gegevens (gemiddelde tijd tot (MTTF) en het tijdsafhankelijk karakter van falen) komen uit databases als Oreda en Eireda, naast de in-huis-gegevensbanken van fabrikanten en onderhoudscontractors. Voor een zinnige statistische bepaling van de MTTF zijn uitgebreide datasets

over de levensduur noodzakelijk. Voor gebouw gebonden elementen kan een zelfde aanpak worden gevolgd. Ook hier zijn duidelijk systeemonderdelen te onderscheiden en worden aan elk systeem concrete functionele eisen gesteld. Echter, zelfs bij grote gebouwbeheerders als de RGD en bij brancheorganisaties ontbreken gegevens over faalgedrag en daarmee over levensduur van onderdelen. Een statistische benadering is daarnaast lastig; door de lange levensduren van 10 tot 20 jaar wordt de vereiste periode van gegevensverzameling dusdanig lang dat de resultaten worden ingehaald door technische vernieuwingen.

■ ACHTERGROND NIEUWE TECHNIEK

Een ontwerper van een installatie of gebouw kiest materialen en afmetingen zodanig dat onder standaard condities een van tevoren gedefinieerde afkeurwaarde (conditieniveau) bereikt wordt binnen een geaccepteerd tijdsinterval, zoals geschetst in het linker gedeelte van figuur 2. Hij kan de levensduur van curve A vergroten door extra materiaal (curve B) of door een materiaal te kiezen met hogere weerstand (curve C). Door natuurlijke variaties in belasting en omgevingsfactoren ontstaat echter een aanmerkelijke spreiding rond een dergelijke gemiddelde waarde. Het rechtergedeelte van figuur 2 geeft een aantal mogelijke verouderingstrajecten, zoals die werden gevonden in een simulatie waarin de afname van de conditie per tijdsinterval kansmatig wordt bepaald. Het is duidelijk dat de afkeurconditie nu niet meer op één specifiek moment in de tijd wordt bereikt. Uit het aantal overschrijdingen van de afkeurnorm op een specifiek moment in de tijd resulteert

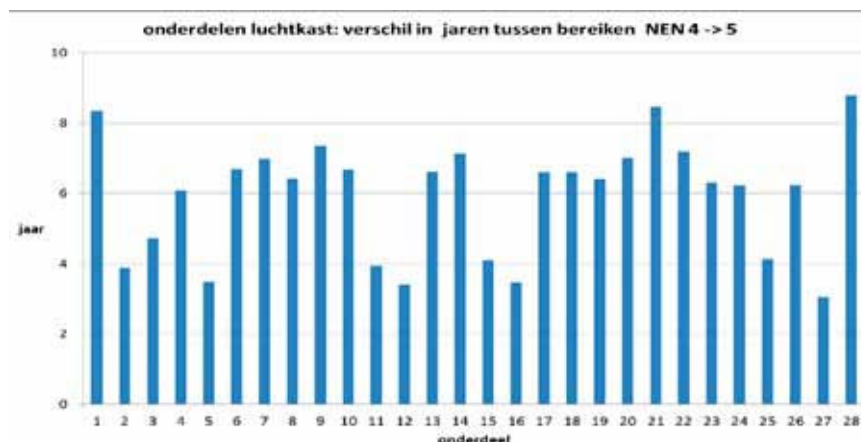


-Figuur 3- Voorbeeld van een decompositie van een koelmachine

INGEVULD DOOR :		BEDRIJF:		DATUM:		HAMBURGER CODE:			
SYSTEEM ONDERDEEL: Omkasting aanzuigsectie				1.1.1		gewicht (0-10)		6	
faalwijze	lokaal effect	stelsysteem effect	conditie	te observeren effect	gebreken	schattings interval, jaren			
					omvang 1-intens 1-:	10%	50%	90%	
Corrosie	Door corrosie ontstaan gaten in de LBK met als gevolg lekkage van lucht. Bij de aanzuigsectie ook lekkage van water het gebouw in.	Er kan niet meer worden voldaan aan systeem eis. 10.000m3/h verse lucht. Systeem vervuiling. Energieverlies	1->2	lokale kleine roestputjes van geringe omvang; kunnen worden beschermd door verf	1	1	4	7	12
			2->3	ondanks verzorgend onderhoud breiden roestputjes zich uit	2	1	5	10	17
			3->4	er zijn nu roestplekken te constateren met een omvang van 10 - 20 cm	3	2	6	12	20
			4->5	omkasting toont op plaatsen doorgeroeste plekken, met een schroevendraaier door te rnikken.	4	3	10	18	30
KOSTEN € 7000,-									
STILSTANDTUD: 10 uur									

The graph plots condition (y-axis, 0 to 5) against years (x-axis, 0 to 40). Three lines represent different failure modes, showing a downward trend in condition over time. The lines are labeled 'conditie' and 'jaren'.

-Figuur 4- Invulformulier zoals gebruikt in het luchtbehandelingskast proefproject



-Figuur 5- Voorbeeld uit de luchtbehandelingskast studie

een kansverdeling voor de tijd tot falen, zoals gestippeld is weergegeven, waaruit de gemiddelde tijd tot falen (MTTF) en spreiding kan worden berekend. In deze aanpak hebben is ervoor gekozen de afkeurniveaus te kiezen in lijn met de conditiescores, zoals gedefinieerd in NEN2767, waarbij vervanging plaats kan vinden op conditie 4 of 5, afhankelijk van de eisen van de gebouwbeheerder. Wanneer deze conditieniveaus gedetailleerd worden beschreven voor de onderdelen van een installatie, zal een leveran-

cier, inspecteur of onderhoudsmonteur deze eenduidig kunnen herkennen. In de twee proefprojecten (een 'standaard' 10.000 m³/h luchtbehandelingskast, een 400 kW koelmachine met schroef- of scrollcompressoren) werden 10 tot 12 experts getraind in de achtergronden van een kansmatige uitspraak over de tijd waarin een onderdeel van een installatie van de nieuwe conditie 1 op tijd nul vervalt tot een hogere conditiescore. Daarna werd de installatie goed gedefinieerd aan de hand van specificaties, beschrijving

van de locatie en het gevolgde onderhoud. De onderdelen werden gekozen aan de hand van een functionele decompositie, een voorbeeld is gegeven in figuur 3. De deelnemers werd gevraagd hun individuele mening te geven over de tijdsperiode tussen nieuwbouw en het bereiken van een van de vijf conditiescores op drie verschillende manieren:

- de waarde waarbij de eerste 10% van een specifiek onderdeel een gegeven conditie behaalt; de 'worst case';
- de waarde waarbij de helft van dergelijke onderdelen de gegeven conditie heeft behaald; de 'gemiddelde waarde';
- de waarde waarbij 90% van de onderdelen de gegeven conditie heeft behaald; de 'best case'.

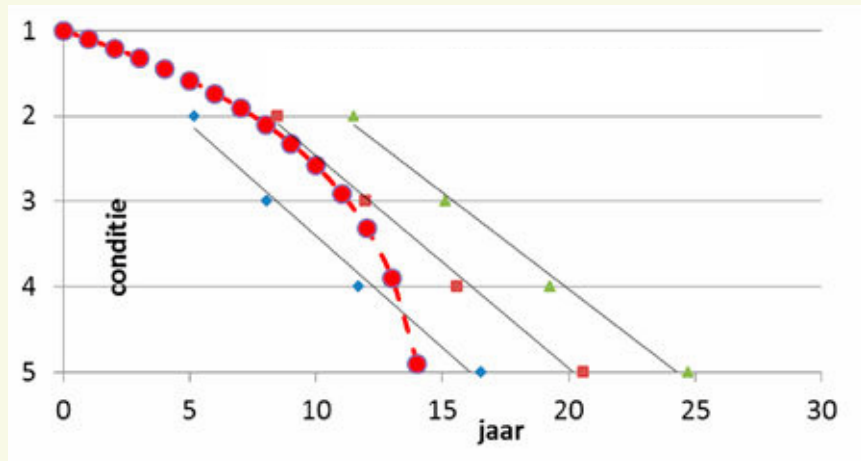
Figuur 4 toont een invulformulier zoals gebruikt in het luchtbehandelingskast proefproject. Uit de verzamelde meningen werd daarna per onderdeel de MTTF en de spreiding berekend. Bij deze analyses bleek de nauwkeurigheid en spreiding van de individuele expertmeningen goed te vergelijken met de gesimuleerde resultaten van eenzelfde aantal realisaties van een bekende levensduurverdeling.

Uit beide studies bleek dat ontwerpers duidelijk streven naar redelijk gelijke levensduren van de verschillende systeemonderdelen. In het geval van de luchtbehandelingskast variëren deze van 12 tot 14 jaar voor de overgang naar de conditie NEN 4 (met uitzondering van de nozzles: 6 jaar) en 17 tot 23 jaar voor conditie 5. Voor de koelmachine waren deze getallen 10 tot 15, respectievelijk 13 tot 20 jaar. In enkele specifieke gevallen gaven leveranciers een hogere waarde; hun producten tonen in de praktijk een langere levensduur.

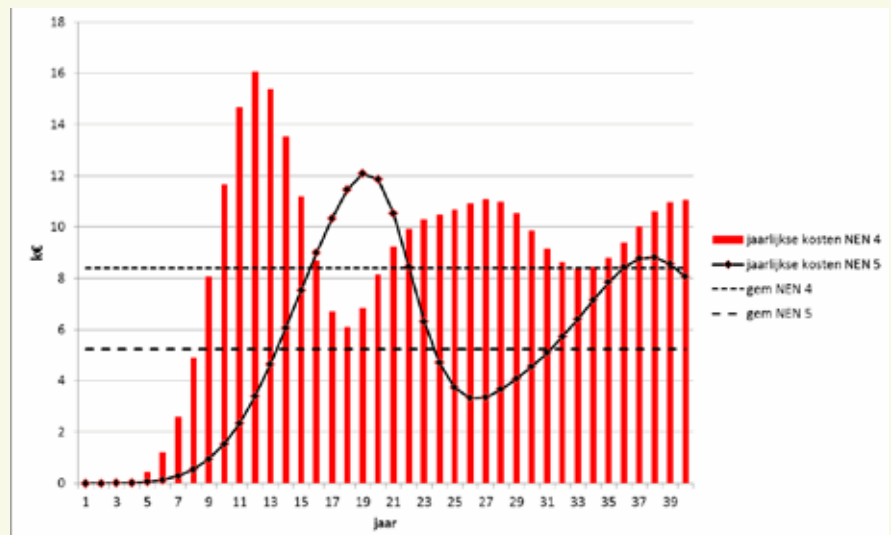
Opvallend was in beide studies het relatieve korte tijdsverloop tussen het bereiken van de NEN conditie 4 en 5. Figuur 5 toont een voorbeeld uit de luchtbehandelingskast studie. De laagste waarde is drie jaar, de hoogste negen; het gemiddelde is zes jaar. Bij de koelmachine waren deze waarden respectievelijk drie, vijf en vier jaar. In dergelijke gevallen is het vijfjarige inspectie-interval van de RgdBOEI® te lang om het conditieverloop te borgen; dergelijke inspecties kunnen beter worden uitgevoerd in samenhang met het dagelijks of jaarlijks onderhoud.

De experts schatten in beide projecten het verloop van de conditie als redelijk lineair in de tijd (10,50, 90% lijnen in figuur 6); in tegenstelling tot de theoretische levensduur kromme (TLK) uit het Handboek Onderhoudsinspecties. De TLK leidt tot een zeer conservatieve schatting van het conditieverloop; een onderdeel dat vervangen wordt op 2/3 van de TLK (in de recentste versie van de NEN 2767 is het begrip 'verval' doorgetrokken van 2/3 naar 87.5% van de TLK) wordt zeker te vroeg vervangen. Daarnaast zagen we een bijna 1 op 1 relatie tussen het conditieniveau en de daarbij mogelijke waarden van intensiteit en omvang; voor een gegeven NEN-score vulden vrijwel alle experts dezelfde waarden in. Met de nu bekende levensduren en hun spreiding kan onderbouwde informatie worden gegeven over het verwachte gedrag van een installatie. In de praktijk worden de gemiddelde jaarlijkse kosten vaak berekend door de vervangingskosten te delen door de levensduur. Bij het afsluiten van een project zijn echter de kosten per jaar bepalend en deze fluctueren sterk. Zo toont figuur 7 de verwachte onderhoudskosten per jaar gedurende een 40-jarige projectperiode, wanneer elk onderdeel separaat wordt vervangen bij het behalen van of conditie 4 of conditie 5. De lange termijn gemiddelde jaarlijkse kosten zijn respectievelijk 8.4 en 5.2 k€, maar de kosten voor een, zeg achtjarig, contract zijn sterk afhankelijk van de aanvangsdatum.

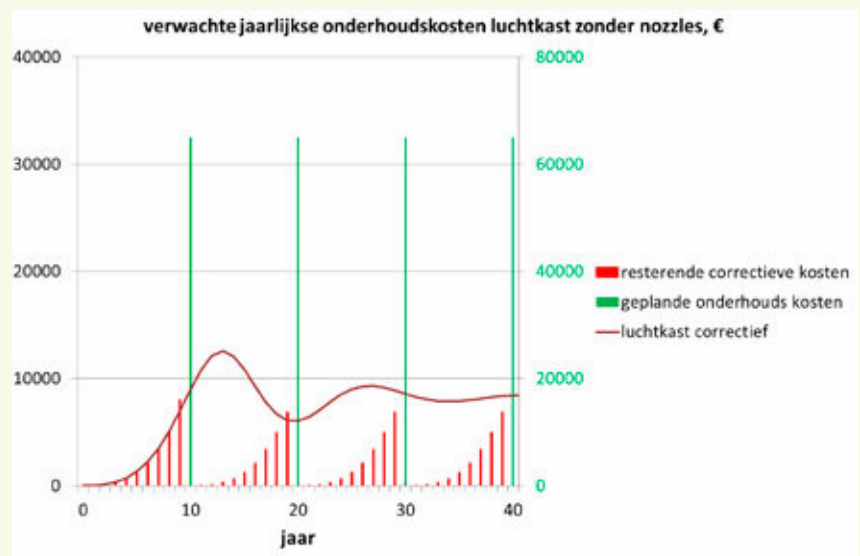
Een geplande integrale vervanging kan kosteneffectief zijn indien de onderdelen een redelijk gelijke levensduur hebben met weinig



-Figuur 6- Conditieverloop koelmachine



-Figuur 7- Jaarlijkse onderhoudskosten NEN4- versus NEN5-koelmachine



-Figuur 8- Een voorbeeld waarin een luchtbehandelingskast elke tien jaar planmatig wordt vervangen

spreiding en tevens de kosten van (spoedeisende) correctieve vervanging veel hoger zijn dan die van een geplande. Figuur 8 toont een voorbeeld waarin een luchtbehandelingskast elke tien jaar planmatig wordt vervangen. De main contractor loopt dan een zeker risico om al voor die datum onderdelen te moeten vervangen, gegeven de spreiding in levensduur (resterende correctieve kosten).

Door het interval te variëren (tabel 1, van alleen correctief tot vervanging elke acht, tien of twaalf jaar) kan een main contractor onderzoeken of, en met welk interval, een dergelijke integrale vervanging kosteneffectief is. Duidelijk zichtbaar is het effect op de verwachte gemiddelde kosten, frequentie van falen en beschikbaarheid. Bij de eerste voorbeelden bleken de kosten van noodzakelijke spoedvervangingen in veel gevallen slechts 20 tot 40% hoger dan die van geplande. In dergelijke gevallen is het volledig uitbuiten van de levensduur (correctief onderhoud) de meest kosten effectieve strategie.

CONCLUSIES

Het is goed mogelijk de levensduur van (onderdelen van) gebouw gebonden installaties te bepalen door experts op een gestructureerde manier te bevragen naar hun inzichten en ervaringen. De resultaten komen qua nauwkeurigheid en onzekerheid overeen met die op basis van het verzamelen van veldgegevens over een langdurige periode (30 tot 50 jaar). Een belangrijk aspect is hierbij direct aandacht te geven aan de inherente spreiding veroorzaakt door onzekerheden in materiaaleigenschappen, belasting en gebruik. Levensduren

Interval geplande vervangingen	gem. systeemkosten/ jaar, k€	gem. aantal falen/ jaar	gem. systeem beschikbaarheid, %
Alleen correctief	7,8	2,1	99,4
acht jaar	9,0	0,5	99,6
tien jaar	7,9	0,6	99,3
twaalf jaar	8,2	1,3	99,1

-Tabel 1-

worden daardoor gezien als uitkomsten van een kansproces; de risico's voor beheerder en (main) contractor worden zichtbaar gemaakt. Dit inzicht kan vertaald worden naar contractspecificaties en speelt een rol in mogelijke juridische afwikkeling van conflicten. Met betrekking tot de NEN 2767 toonden de twee proef projecten aan dat:

- een specifiekere/eenduidigere definitie noodzakelijk is van de te observeren effecten behorende bij de verschillende NEN-condities dan die in de norm. Hierdoor zullen in de praktijk minder interpretatieverschillen ontstaan tussen inspecteurs, contractors en eigenaren;
- het conditieverloop in de tijd redelijk lineair is in tegenstelling tot wat de nu gebruikte theoretische levensduurkromme (TLK) voorspelt;
- er een sterke correlatie bestaat tussen een specifiek NEN-conditieniveau en de daarbij mogelijke omvang en intensiteit score;
- het verval in conditie van NEN 4 naar NEN 5 dusdanig snel kan zijn dat de bestaande periode van vijf jaar in de RgdBOEI® te lang is om dit proces te borgen. Het verdient dan aanbeveling dergelijke inspectietaken op

te nemen in het reguliere onderhoud; een overgang naar main contracting.

Met de op deze manier verkregen gegevens over de kansverdeling van de levensduren van componenten kunnen systemen worden doorgerekend in termen van frequentie en kosten van noodzakelijke vervangingen over een specifieke contractperiode.

De pilot studies toonden aan dat vervangingsonderhoud op 5- i.p.v. 4-conditie kan leiden tot een besparing van 30 tot 40 % op vervangingskosten. Op basis van twee geslaagde pilot projecten (luchtbehandelingskast, koelmachine) heeft de Rgd een web-based (SharePoint) softwarepakket laten ontwikkelen dat zij ter beschikking stelt aan brancheorganisaties om daarmee een branche-eigen database op te bouwen. Voorwaarde is dat de resultaten beschikbaar zijn voor andere partijen, zoals opdrachtgevers, ontwerpers etc., om daarmee onderbouwde vervangingsinvesteringen en onderhoudsprogramma's vast te stellen. Met het beschikbaar stellen van deze software benadrukt de Rijksgebouwendienst haar maatschappelijke rol in het verbeteren van gebouw gebonden onderhoud, zowel voor eigenaren als main contractors.

Klimaatplafonds; dé techniek van de toekomst



Bij Solid Air zien we een mooie toekomst voor klimaatplafonds. Bij deze geavanceerde klimaattechniek wordt koelte, warmte én verse lucht aangevoerd via het plafond. Dat levert indrukwekkende prestaties op:

- geen radiatoren meer nodig en toch dezelfde warmteopbrengst;
- meer koelvermogen dan bij welk ander systeem dan ook, en zonder tocht!
- klimaatplafonds zijn energiezuiniger dan andere klimaatsystemen;
- bij dit systeem houdt je het hoofd koel en de voeten warm; dat is pas echte thermische behaaglijkheid.



tel +31 (0)20 696 69 95
mail@solid-air.nl
www.solid-air.nl

Good climate, better performance!