

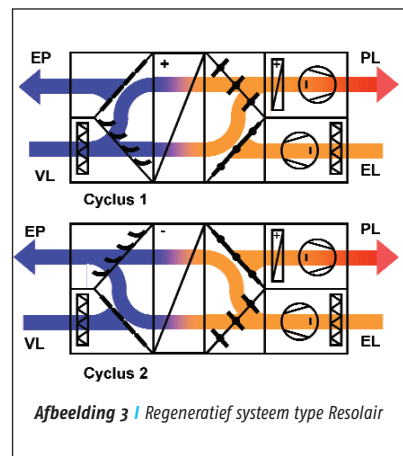
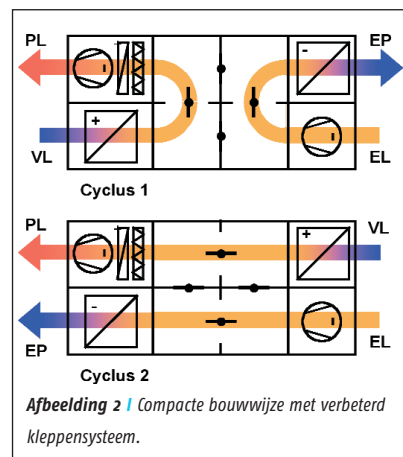
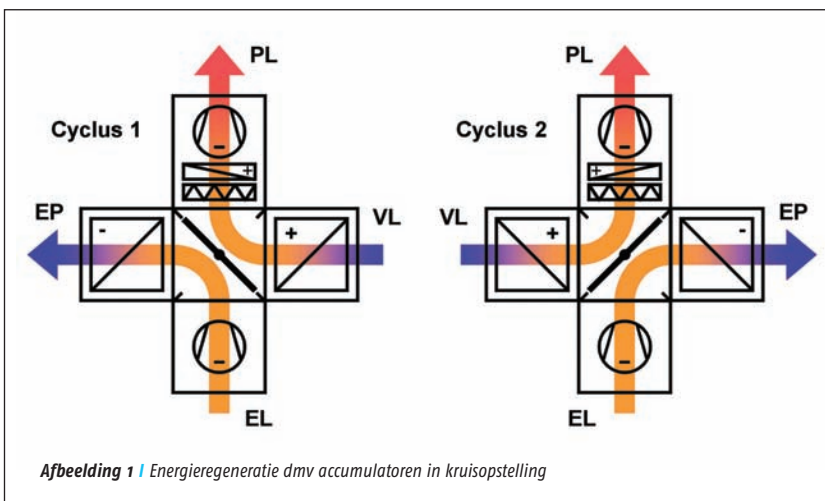
REGENERATIEVE Koude- EN WARMTERUGWINNING MET EEN TEMPERATUURRENDEMENT VAN MEER DAN 90%

In tegenstelling tot roterende warmtewielen wordt bij statische regeneratoren afwisselend extractie- en verse lucht over stilstaande accumulormassa's gevoerd. Deze manier van regeneratieve energierugwinning vond zijn oorsprong in de staalnijverheid. Met dit systeem was men in staat de energie uit de uitlaatgassen van de hoogovens terug te winnen en hiermee de verse aanblaasluft voor te verwarmen. Hoewel warmtewielen hun intrede in de lucht- en klimatisatietechniek reeds in de jaren zestig hebben gemaakt, vinden de statische energierugwinningssystemen echter pas de laatste decennia hun toepassing. Waarom dit zo lang geduurd heeft, lichten wij hier even kort toe.

DE HISTORIEK VAN ENERGIEREGENERATIE MET STATISCHE ACCUMULATOREN

Afbeelding 1 geeft de schematische voorstelling weer van de eerste warmterugwinningssystemen met statische accumulatoren. Wanneer de energierijke extractielucht over een van de twee accumulatoren stroomt en daarbij dit pakket opwarmt, stroomt simultaan over het andere pakket de koude buitenlucht die door de opgeslagen warmte uit de vorige cyclus zal worden opgewarmd en vervolgens in de te klimatiseren ruimte wordt gepulseerd. Wanneer het pakket in de extractie/expulsie lucht volledig opgeladen was, werd de grote kantelklep, opgesteld in het midden van het kruisvormig toestel, omgeschakeld. De nadelen van deze bouwwijze worden al snel duidelijk. Door het constant wisselen van expulsie en verse lucht zijde was het gebruik van kanalen hiervoor onmogelijk. Dit gaf ongetwijfeld problemen in situaties waar deze

kanalen een grote lengte hadden. Telkens er van cyclus gewisseld werd, werd de bedorven lucht, aanwezig in het kanaal dat in de vorige cyclus de functie van expulsielkanaal had, aangezogen. Ook was de kruisvormige geometrie van het toestel moeilijk en dikwijls onmogelijk integreerbaar in een technische ruimte. Het gebruik van één grote kantelklep bracht ook zéér veel nadelen met zich mee. De klep moest constructief zeer zwaar worden uitgevoerd om zowel de druk bij het begin van de omschakeling, als de afremming bij het sluiten van de klep te overwinnen. Tijdens het omschakelen van de klep stonden de beide ventilatoren telkens even in serie, waardoor er steeds drukslagen ontstonden in de pulsie- en extractiekanalen. Bovendien ontstond er ook een grote luchtmenging tijdens het omschakelen van de klep. Daar en boven bood dit systeem niet de mogelijkheid om traploos naar vrije koeling te gaan. Hierdoor kon er onmogelijk van 100% ventilatie gesproken wor-



den, noch van een comfortabele situatie. De eerste verbetering van het toestel was dan ook de geometrie aanpassen naar een normale standaard van een ventilatiegroep, zoals afbeelding 2 toont. De verdere ontwikkeling van het kleppensysteem bracht een vermindering van de ongewenste luchtmenging met zich mee. Het kleppensysteem bestond dan uit vier aparte kleppen, waardoor er een betere afregeling mogelijk was. De luchtstroom kon tijdens het schakelen worden afgeremd waardoor de hinderlijke drukslagen, hoorbaar in pulsie- en extractiekanalen, vermeden werden. Het probleem van de steeds wisselende expulsie/verse lucht zijde was hiermee echter nog niet opgelost. Dit werd verholpen door zelfsluitende kleppen toe te voegen die er voor zorgen dat het expulsielkanaal in beide cycli ook expulsielkanaal blijft.

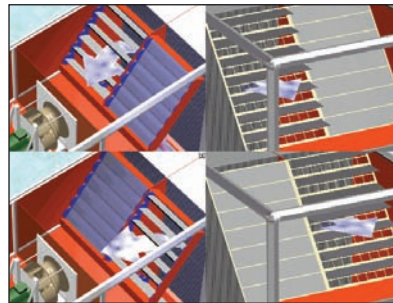
Om nu het volledig statische regeneratiesysteem in de technische ruimte van het te klimatiseren gebouw onder te brengen, moesten er nog enkele essentiële aanpassingen doorgevoerd worden. Met de toestellen, schematisch voorgesteld in afbeelding 3, waren al de hierboven beschreven problemen van de baan. De voornaamste wijziging hierbij is, dat de beide accumulatorpakketten niet meer boven, maar naast elkaar opgesteld zijn. Verder is ook het kruisvormige kleppensysteem verdwenen en vervangen door enkele kleppenregisters, dewelke eveneens naast elkaar zijn opgesteld. Dit kleppensysteem bestaat nu zowel uit dynamische kleppen als klepregisters aangedreven door servomotoren.

DE RESOLAIR, REGENERATIEVE ENERGIEWISSELAAR

Het toestel bevat twee accumulatiepakketten, dewelke afwisselend met respectievelijk expulsie- en verse lucht doorstroomd worden. (Afbeelding 4). De accumulatiepakketten hebben de eigenschap zéér snel de warmte of koude uit de extractielucht op te nemen en deze even snel weer af te geven. Zowel voor als achter de pakketten zijn er klepregisters voorzien. De kleppen tussen de accumulatiepakketten en de ventilatoren worden, zoals reeds vermeld, aangedreven met speciale, snelwerkende servomotoren. De andere klepregisters achteraan werken dynamisch. Dynamisch betekent dat in cyclus 1 de kleppen onderaan door de zuigende werking van de pulsventilator van een vaststaand rooster gezogen worden (VL) en door de drukkende werking van de extractieventilator de andere zijde dichtgedrukt wordt. Met de kleppen bovenaan (EP) gebeurt tegelijkertijd het-

zelfde, maar in omgekeerde richting. Deze kleppen kunnen dus omschreven worden als een soort terugslagklep, waarvoor geen extra aandrijving nodig is, en hebben een gelijkrichtende werking. Hierdoor is de terugname van bedorven lucht uit het expulsielkanaal volledig uitgesloten.

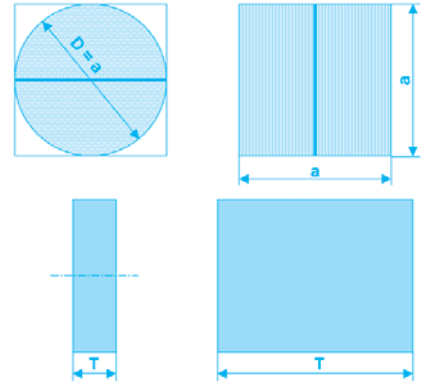
Ongeveer elke minuut worden beide luchtstromen omgewisseld door het veranderen van de hierboven beschreven klepregisters. In afbeelding 5 wordt in een driedimensionale weergave het omschakelen van de kleppen voorgesteld.



Afbeelding 5 | Omschakelcyclus van het MENERGA, Resolair,-systeem

TEMPERATUURRENDEMENT VAN MEER DAN 90%

Met behulp van de statische accumulatiepakketten en direct aangedreven ventilatoren met een variabel toerental kunnen er zéér hoge temperatuurrendementen behaald worden. De regeneratieve energiewisselaar Resolair, werd in het Departement Thermodynamica en Klimatechniek van de universiteit te Essen (Duitsland) inzake warmteoverdracht



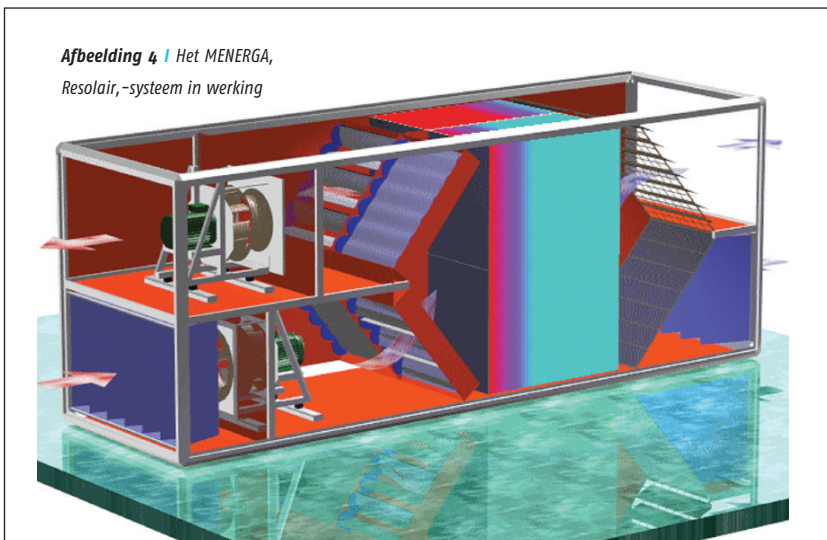
Afbeelding 6 | Vergelijking tussen statische accumulatoren en warmtewielen.

en energierugwinning, in alle mogelijke omstandigheden en bedrijfstoestanden uitgebreid onderzocht, volgens de huidige norm VDI 2071. Er werden rendementen van minimum 90% gehaald.

De hoge rendementen zijn echter zéér eenvoudig te verklaren. Wanneer men een roterend warmtewiel vergelijkt met de statische accumulatiemassa, ziet men onmiddellijk enkele verschillen. Afbeelding 6 toont de netto doorstroomoppervlakte en diepte van beide regeneratie systemen. Men kan zien dat het volledige oppervlak van de accumulatoren benut wordt, terwijl dit bij het roterende systeem slechts voor ca. 80% het geval is. Verder wordt in de praktijk een warmtewiel steeds uitgevoerd met een diepte van 200 tot 250mm, waarbij er door de hoge dichtheid van de accumulerende massa, een drukverlies van ca. $\Delta p = 150\text{Pa}$ gegenereerd wordt. De statische accumulatiepakketten daarentegen, van bijvoorbeeld het Resolair,-systeem, hebben een diepte van 900mm met een drukval van 120Pa. Hierdoor is het warmteoverdragend oppervlak vier maal groter dan bij de roterende systemen. De lucht heeft dus met andere woorden de tijd om zijn energie respectievelijk af te staan en op te nemen.

DE RESOLAIR, FAMILIE

Zodra de mogelijkheid zich voordeed om statische accumulatiepakketten in een verlichtingssysteem te benutten, werden deze systemen steeds verder ontwikkeld en uitgebreid. Afbeeldingen 7, 8 en 9 tonen de verschillende mogelijkheden voor verschillende toepassingen waar gebruik gemaakt wordt van regeneratieve energierugwinning dmv. statische accumulatoren. Hieronder beschrijven we kort de verschillende voordelen die door zulke systemen gere-



Afbeelding 4 | Het MENERGA, Resolair,-systeem in werking



Afbeelding 7 | 100% ventileren met verse lucht zonder naverwarmingssysteem



Afb. 8 | Energierecuperatie met statische accumulatiepakketten gecombineerd met een volledig geïntegreerd koelsysteem



Afbeelding 9 | Regeneratieve energieretrieving op maat voor industriële toepassingen en opslagplaatsen

liseerd worden, wanneer we ze toepassen in bijvoorbeeld één van volgende gebouwen: multifunctionele hallen, woonhuizen, hotels, theaters, bioscopen, musea, opslagplaatsen, bureauruimtes, labo's, enz... Wanneer men de verschillende kosten gaat vergelijken van een ventilatiesysteem met een uiterst hoge energierecuperatie en een installatie met een minimum of zelfs zonder recuperatie, zullen niet alleen de uitbatingskosten van een toestel met doorgedreven recuperatie veel lager zijn, maar zullen ook de installatiekosten gevoelig verminderen door het vervallen van de naverwarmingbatterij.

Hierdoor vervalt de installatie van extra verwarmingsvermogen, de bijkomende piping, pompen, kleppen, regeling, vorstbeveiliging, enz. Men kan dus stellen dat het toestel enkel op een kanalsysteem hoeft te worden aangesloten om een gebouw van de noodzakelijke ventilatie te voorzien.

Bij het Resolair,-systeem kan gezegd worden dat de extra druk verliezen, veroorzaakt door de twee accumulatiepakketten, in de meeste gevallen kleiner zullen zijn dan deze van een conventioneel energierecuperatiesysteem met beperkt rendement (bv. kruisstroomwisselaar, glycolbatterijen, heat-pipe of warmtewiel).

In het Resolair,-systeem wordt gebruik gemaakt van het ventilatorsysteem solVent. Dit zijn direct aangedreven vrijlopende ventilatoren, die de lucht door een venturivormige aanzuigmond aanzuigt. Dankzij deze aanzuigmond voorzien van een drukmeting waarvan het signaal gekoppeld is aan de frequentieomvormer die de motoren aanstuurt, kan er con-

stant een traploze en nauwkeurige debietregeling gegarandeerd worden.

Hierdoor wordt ook gewaarborgd dat het aangegeven rendement in alle omstandigheden effectief gehaald wordt, dit in tegenstelling tot systemen met ventilatoren zonder variabel toerental. Bij een vervuilde extractiefilter zal immers het extractiedebiet met 10 tot 15% teruglopen, zodat ook de opgegeven rendementen met eenzelfde verhouding zullen verminderen. De constante debieten van de solVent, ventilatoren zijn dan ook één van de voorwaarden om een ventilatiesysteem zonder naverwarming te kunnen uitvoeren.

Doordat de solVent, ventilatoren geen riemaandrijving hebben, wordt het energieverbruik nog eens met 15% verminderd. Ook de bijna verwaarloosbare dynamische drukken reduceren het energieverbruik met nog eens 5%. Men kan stellen dat bij een ventilatiesysteem ca. 40-50% van de totaal verbruikte energie benut wordt voor het luchttransport. Dan blijkt al snel dat een uitgekend ventilatorsysteem zeker en vast de moeite waard is.

VOCHT, EEN HOOGWAARDIGE ENERGIEVORM

Dat er niet alleen warmte maar ook vocht teruggewonnen wordt met een regeneratief accumulatiesysteem, is bijzonder gunstig. Aangezien ook de vochtigheid in de ruimte een maat is voor het comfort, is het -zeker in de koude, droge winterperiodes- zéér voordelig dat het vocht, aanwezig in de te klimatiseren ruimte, gerecupereerd wordt. Wanneer er een luchtbevochtgingsinstallatie aanwezig of gewenst is

kan de capaciteit hiervan met meer dan de helft worden gereduceerd.

In de zomer is het meestal gewenst dat er koude lucht in de te klimatiseren ruimte wordt gebracht. Wanneer de ruimtetemperatuur warmer wordt dan het gewenste setpunt en de buitentemperatuur onder deze gewenste waarde ligt, zal de warmterecuperatie kunstmatig worden gereduceerd en de ruimte zo op natuurlijke wijze worden gekoeld. Stijgt de buitentemperatuur echter boven de ruimtetemperatuur, wordt de reducering opgeheven en gaat het toestel de koude uit de ruimte terugwinnen. Wanneer het te klimatiseren gebouw een hoge koellast heeft, bestaat de mogelijkheid om het Resolair,-systeem uit te breiden met een volledig geïntegreerde koelmachine (Afbeelding 8), zodat ook hiervoor geen extra installatiewerken nodig zijn.

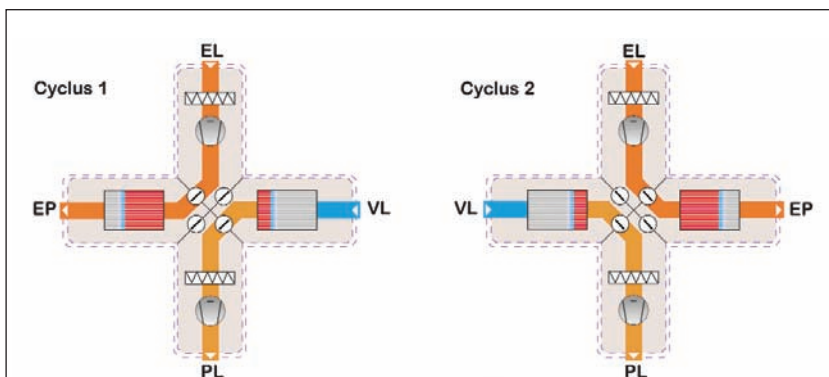
Nog een bijzonder voordeel van de statische accumulatoren in het Resolair,-systeem is de geometrie. In tegenstelling tot de warmtewielen met hun specifieke vorm laat het statisch principe zich eenvoudig in bijna elke situatie inbouwen. Er is dus geen extra grote of hoge technische ruimte nodig. In normale omstandigheden is er helemaal geen onderhoud aan de accumulatiepakketten. Bij bijzondere vervuiling, bv. rookschade door brand, zijn de accumulatiepakketten eenvoudig uitneembaar en ter plaatse reinigbaar.

TERUG EEN BEETJE HISTORIEK

Opmerkelijk is dat de in afbeelding 9 voorgestelde bouwvorm vooral in industriële klimatisatie weer zijn toepassing vindt. Vele (zelfs bestaande) industriële hallen moeten, om te voldoen aan de huidige arbeids- en welzijnsreglementen, uitgerust worden met een ventilatiesysteem.

De werkgever is dan vooral geïnteresseerd in een eenvoudige en goedkoop te installeren installatie, die dan ook een zo laag mogelijke uitbatingskost en hoge bedrijfszekerheid biedt.

Als dakopstelling kunnen, door het ontbreken van expulsie en verse luchtkanalen, de dynamische kleppen worden uitgesloten. Het voordeel van deze kruisopstelling ligt in de optimale gewichtsverdeling op de dakconstructie. (Afbeelding 10)



Afbeelding 10 | Regeneratief warmteretruwinningssysteem in kruisopstelling

JOHAN VERPLAATSEN | gedelegeerd bestuurder van MENERGA nv