

EFFICIËNT KLIMATISEREN VAN ZWEMBADEN

Ruimtetemperaturen boven 30°C en een hoge luchtvochtigheid zorgen voor een zeer energierijke extractielucht uit de zwembadhal, waardoor warmteterugwinning zowel bij nieuwbouw als bij renovaties en saneringen van zwembadhallen onontbeerlijk is. Hiervoor bestaan verschillende technieken. Het hoogste rendement kan worden bereikt met toestellen die werken op basis van de juiste combinatie van verschillende technieken, zodat de synergie optimaal wordt...



Door de temperatuur, vochtigheid en samenstelling van de lucht, vormt zich klimaattechnisch een extreme situatie. Deze situatie dient, niet alleen voor het welbehagen van de badgasten en personeel, onder controle gehouden te worden, maar bovendien om de gebouwen-schil voor permanente bouwschade en verval te behoeden. Een onderdeel van het welbehagen ondervinden de badgasten zodra zij uit het water komen en verpozen aan de badrand, waar zij het noch te koud of te vocht mogen ervaren. De luchttemperatuur moet voldoende hoog zijn om te snelle verdamping van het water dat zich bevindt op het lichaam van de badgasten tegen te gaan. Dit effect veroorzaakt

immers mede, door het onttrekken van verdampingswarmte, het koudegevoel ervaren door de badgasten.

De verschillende normen omtrent zwembaden bevatten verschillende aanbevelingen omtrent luchttemperatuur en luchtvochtigheid. Volgens de Duitse VDI 2089 norm moet de luchttemperatuur in openbare zwembaden minstens 30°C en twee tot vier graden boven de watertemperatuur (t_w) zijn. Uit economisch standpunt houdt men de luchttemperatuur best onder de 34°C (zie tabel 1).

Wat bij te lage luchttemperaturen als te koud ervaren wordt, wordt bij te hoge luchtvochtigheden als te zwoel ervaren. Volgens de VDI 2089 ligt de zwoelheidsgrens bij een Clo-factor = 0 (dwz. voor ruimtes waar mensen nagenoeg

naakt verblijven) bij een absolute vochtigheid van 14,3 gwater/kgdroge lucht. Bij een luchtdruk van 1000 mBar ligt de maximale waarde van de relatieve luchtvochtigheid in een zwembadhal bij 30°C aan 53% en het minimum aan 42%. Deze waarden mogen 's zomers overschreden worden wanneer de absolute vochtigheid van de buitenlucht $X > 9 \text{ gwater/kgdroge lucht}$ bedraagt. Deze waarde werd afgeleid uit de gemiddelde klimatologische gegevens voor Duitsland. De naar Belgische luchtcondities geëxtrapoleerde waarde voor X is 10,2 gwater/kgdroge lucht. Wanneer men de vooropgestelde waarden ook 's zomers zou willen handhaven, zouden de luchtdebieten en daarmee de extra investeringen veel te groot worden. Deze grens wordt regelmatig overschreden in de maanden juli en augustus.

Nog steeds volgens VDI 2089, is het noodzakelijk van de luchtvochtigheid tussen 40 en 64% te houden om schade aan hout- en metaalconstructies te voorkomen. Bij onvoldoende geïsoleerde zwembadhallen is het gedurende de koude periodes noodzakelijk om de luchtvochtigheid te verlagen, mogelijk zelfs tot onder de minimum grens, om bouwschade (condensatie en schimmelvorming op koudebruggen) te vermijden. Men moet zich uiteraard bewust zijn

■ Tabel 1

AARD VAN DE RUIMTE	RUIMTELUCHTTEMPERatuur ($T_R = F(T_w)$) IN °C	
	min	max
Ingang, nevenruimte, trappenhuis	18	22
Kleedkamers	24	28
Sanitair en personeelslokaal voor redders	22	26
Douches	27	31
Zwembad	30	34

dat in dergelijke gevallen het energieverbruik door transmissie en extra verdamping zeer sterk zal stijgen, en dat het comfort van de badgasten niet meer verzekerd is. Bijkomende isolatiemaatregelen zijn dan noodzakelijk.

ONTWERPCONDITIES

Voor het bepalen van het maximaal benodigde verselucht debiet in de zomer worden de waarden weergegeven in tabel 2 aanbevolen. Een onmisbaar hulpmiddel bij het verdere ontwerp van de zwembad klimatiseringstoestellen is het h,x-diagramma. Het basisgegeven bij een berekening is het wateroppervlak en -temperatuur. De aanwezige waterattracties (glijbaan, waterval, wildwaterrivier, waterjets enz...) zorgen voor een aanzienlijke bijkomende waterverdamping en moeten aan de hand van empirische waarden worden meegerekend.

Om de benodigde luchthoeveelheid m_L voor een bepaalde ontvochtigingscapaciteit te bepalen kan men de volgende formule gebruiken :

$$m_L = m_W / (X_L - X_{PL}) \text{ in kg/h}$$

met :

X_{PL} = absolute watergehalte in de pulsielucht in g/kg

X_L = absolute watergehalte in de ruimtelucht in g/kg

De totaal verdampte waterhoeveelheid m_W , wordt volgens de wetten van Dalton als volgt bepaald :

$$m_W = e \cdot A_B \cdot (p_S - p_D) \text{ in g/h}$$

met :

A_B = wateroppervlakte in m^2

p_S = dampdruk bij T_W in hPa

p_D = partiële waterdampdruk van de ruimtelucht in hPa

De empirisch bepaalde factor e in $g/(hPa \cdot m^2 \cdot h)$ is een ervaringswaarde volgens het type en gebruik van de verschillende zwembaden (wedstrijdbad, golfslagbad, ploeterbad ...).

Bij therapie- en andere speciale baden kan de benodigde hoeveelheid lucht voor het afvoeren van geuren en schadelijke stoffen hoger liggen

	x (g/kg)	Pd (mbar)
Ruimtelucht	14,3	22,7
Buitenlucht	10,2	16,4

Tabel 2

dan het luchtdebiet nodig voor het afvoeren van de ontstane waterdamp. Bij hoge specifieke gasgehalten is de maximale concentratie van schadelijke gassen te bepalen met behulp van de MAC-waarde, waaruit eveneens het minimale verse luchtdebiet afgeleid kan worden.

$$V_L = C / (C_{MAC} - C_{FL}) \text{ in } m^3/h$$

met :

C = aandeel van schadelijke stoffen

C_{MAC} = MAC waarde

C_{FL} = Schadelijke gas concentratie in de verse lucht

ENERGIEBESPARINGSPOTENTIEEL

Zwembaden zijn één van de energiedichtste gebouwen in onze maatschappij. Het hoge waterverbruik, de constante verwarming van het water, de hoge waterverdamping en de hoge luchttemperatuur liggen hier aan de basis. Een zwembad moet nagenoeg het gehele jaar verwarmd worden. Het is om zowel economische als ecologische redenen zeker noodzakelijk om reeds van bij de ontwerpfase het energiebesparingspotentieel te onderzoeken.

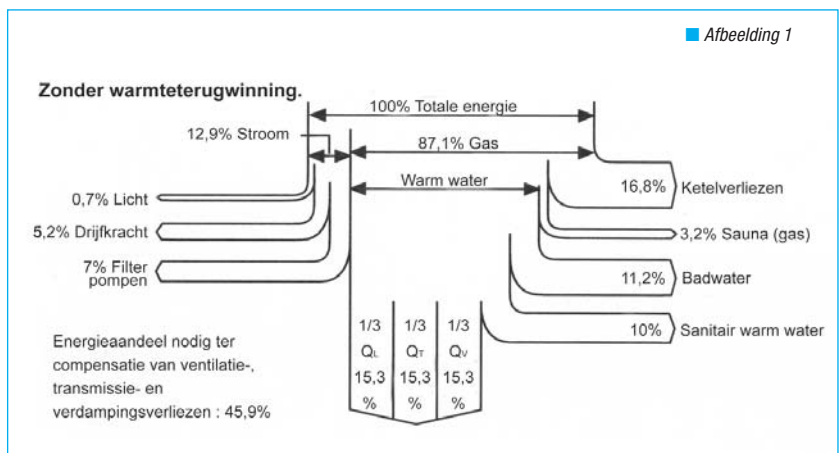
Afbeelding 1 geeft de energiebalans weer van een traditioneel zwembad zonder warmtete-

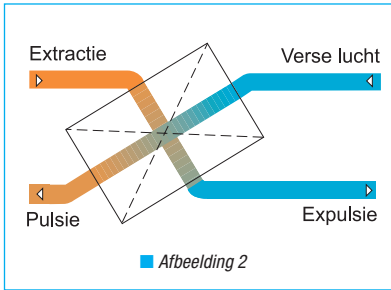
rugwinning. Circa 87% van het totale energieverbruik vindt men terug in verwarming, de overige 13% in drijfkracht (stroom). Ca 46% van het thermisch energieverbruik dient voor de verwarming en ventilatie van de zwemhal, 21% voor de verwarming van zwembad- en douchewater, 17% ter compensatie van (leidings)verliezen en indien er een gasverwarmde sauna ter beschikking is, kan men hiervoor ca. 3% rekenen. Het valt onmiddellijk op dat de hoeveelheid energie, nodig voor verwarming en verluchting van het zwembad, dominerend is. Het potentieel voor energiebesparing is hier dan ook het grootst. Dit deel kan in drie ongeveer gelijke delen worden opgedeeld:

- Transmissieverliezen (warmteverliezen door de gebouwschil)
- Ventilatieverliezen (de verse lucht dient te worden opgewarmd)
- Latente verliezen (energieverlies door verdamping van het zwembadwater)

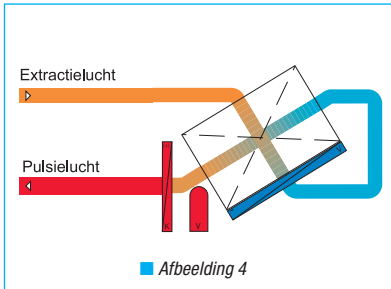
RECUPERATIEVE ENERGIEOVERDRACHT

De recuperatieve platenwisselaar wordt traditioneel als kruisstroomwarmtewisselaar uitgevoerd. Hierin wordt de warmte uit de extractie of terugname lucht afgestaan aan de verse buitenlucht. Beide luchtwegen zijn door de platen fysisch van elkaar gescheiden zodat er geen menging of vochtoverdracht kan zijn. Door de





Afbeelding 2



Afbeelding 4

speciaal voor zwembaden afgestemde asymmetrische vorm (afb. 2) kan een rendement van meer dan 70% bij zéér lage drukverliezen bereikt worden.

RECUPERatieve WARMETERUGWINNING

Een energiebesparingsmaatregel die bij de meeste nieuwe en te renoveren zwembaden zijn ingang gevonden heeft, is de voorverwarming van de verse buitenlucht door de warme extractielucht. De traditionele systemen zoals kruisstroomwarmtewisselaars, heat-pipes en glycolbatterijen bereiken een temperatuurrendement van 25 tot 60% (een goede dimensionering vooropgesteld). Met een asymmetrische warmtewisselaar haalt men in de praktijk rendementen tussen 70% en 80%. In afbeelding 3 wordt weergegeven hoeveel energie er, ten opzichte van het totale verbruik, bespaard wordt ten opzichte van een zwembad zonder recuperatieve warmteterugwinning. De directe energiebesparing van 11,5% wordt gesommeerd met de vermindering van ketel- en verdeelverliezen. De totale besparing bedraagt dan 14,2%. Belangrijk is dat overwegend de 'droge warmte' kan worden teruggewonnen met dit systeem. De verdampingsenergie (latente warmte) wordt nauwelijks teruggewonnen.

RECUPERatieve ENERGIEOVERDRAGER EN WARMTEPOMP

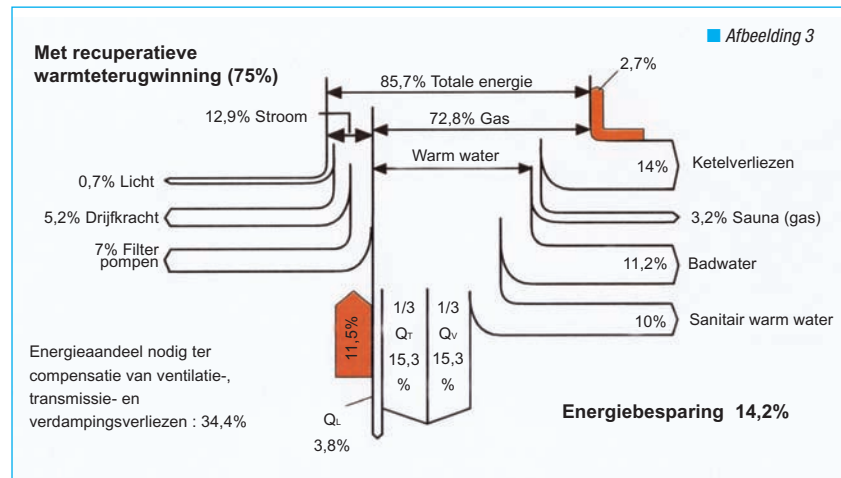
Steeds meer vindt men de combinatie van een platenwarmtewisselaar en een warmtepomp terug in het luchtbehandelingstoestel (afb. 4). Wanneer het zwembad in gebruik is, wordt de extractielucht achtereenvolgens door de warmtewisselaar en de direct verdamper gestuurd. De verdamper koelt de lucht tot onder het dauwpunt, waardoor er condensatie optreedt en tegelijk latente warmte wordt teruggewonnen.

Daarna vervolgt de gedroogde koude lucht zijn weg door de andere zijde van de hoogrendementswarmtewisselaar waar hij op zijn beurt voorverwarmd wordt met de gerecupereerde warmte van de zwembadlucht. De naverwarming gebeurt in de condensor van het warmtepomp systeem, waar de latente warmte terug als voelbare warmte (en wel aan een hogere tempe-

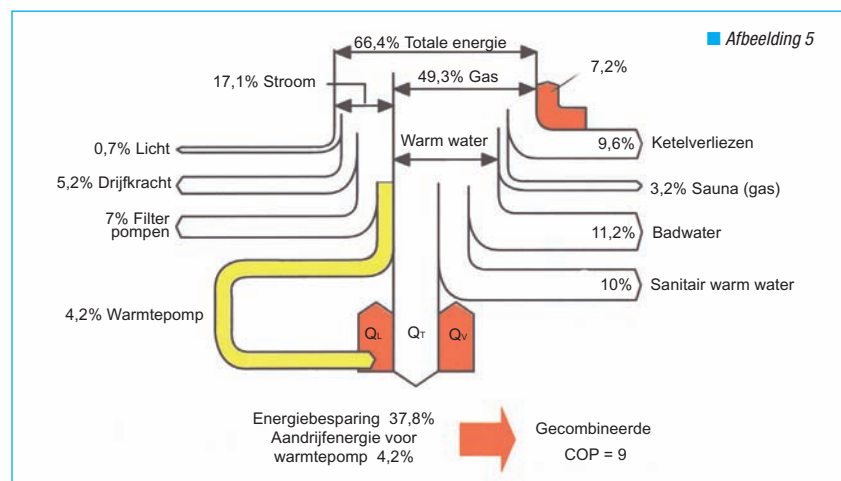
waterdamp en het terug opwarmen van de lucht met de hierdoor vrijgekomen warmte mogelijk.

Om hygiënische redenen dient er volgens VLA-REM II in badbedrijf een aandeel van 30% (ten opzichte van het totale luchtdebiet) verse lucht worden bijgemengd.

Zelfs indien men kritisch tegenover het warm-



Afbeelding 3



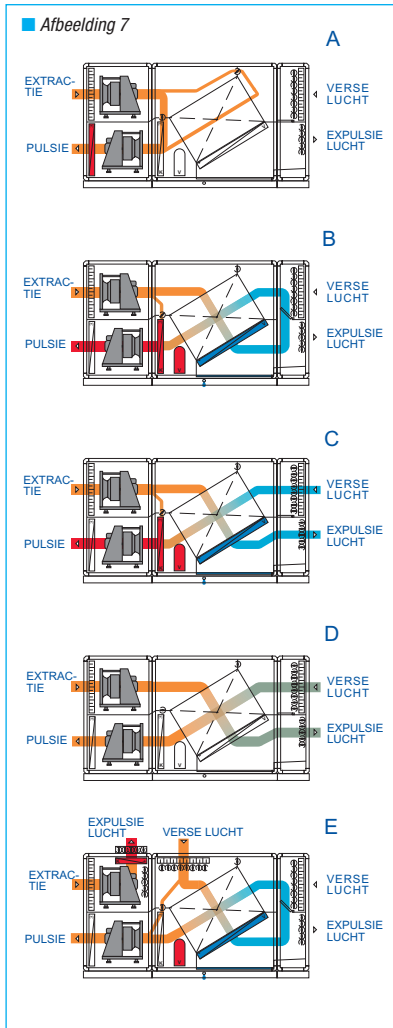
Afbeelding 5

atuur) aan de lucht wordt toegevoegd. Hierbij wordt ook de energie verbruikt door de compressor van het warmtepompsysteem in de vorm van warmte integraal in de lucht opgenomen.

ONTVOCHTING EN WARMETERUGWINNING MET EEN WARMTEPOMPSYSTEEM

De terugwinning van de in de extractielucht opgeslagen latente warmte is, door afkoeling tot onder het dauwpunt, condensatie van de

tepompsysteem staat, moet men toegeven dat door de uitermate gunstige temperatuursverhoudingen het systeem ideaal is voor zwembadontvochtiging. Zelfs wanneer men geen gebruik maakt van een passieve warmtewisselaar, kan men met een warmtepompsysteem reeds COP's behalen van ca 4,5. Nog gunstigere COP's worden gehaald indien men ook gebruik maakt van een passieve warmtewisselaar. Afbeelding 5 toont het energiebilan van een



zwembad uitgerust met een gecombineerd systeem (passieve warmterecuperator en warmtepomp). Er wordt rekening gehouden met de elektrische energie nodig voor de aandrijving van de warmtepomp. Deze elektrische energie wordt volledig in warmte omgezet en gebuikt voor de verwarming van het zwembad. Ook in deze balans wordt de totale energiebesparing weergegeven. Voor het gecombineerde toestel bedraagt dit 37,8%. Wanneer we weten dat er slechts 4,2% meer elektriciteit verbruikt wordt door de warmtepomp, bekomen we een gecombineerde COP van 9!

BEDRIJFSTOESTANDEN

In afbeelding 7 zijn de verschillende bedrijfstoestanden weergegeven die tijdens de verschillende werkingscondities automatisch door het toestel worden gekozen.

A. Opwarmen van het zwembad in winter- of nachtbedrijf door de geïntegreerde verwarmingsbatterij.

B. Ontvochtiging van een bepaald aandeel zwembadlucht door afkoeling doorheen de verdamer van het warmtepompsysteem. Door de voorgeschakelde asymmetrische warmtewisselaar wordt de ontvochtigingscapaciteit gevoelig verhoogd. De ontvochtigde en afgekoelde lucht wordt in tegenstroom door de ander zijde van de warmtewisselaar gestuurd, waar hij wordt voorverwarmd door de warmte uit de extractielucht. Vervolgens wordt hij volledig op temperatuur gebracht door de warmte van de luchtcondensator.

C. In badbedrijf (wanneer het zwembad in gebruik is) wordt er bij de recyclage lucht ook verse lucht bijgemengd. De koude buitenlucht bevordert het voorcool effect in de platenwarmtewisselaar en verhoogt hierdoor de ontvochtigingscapaciteit van het toestel.

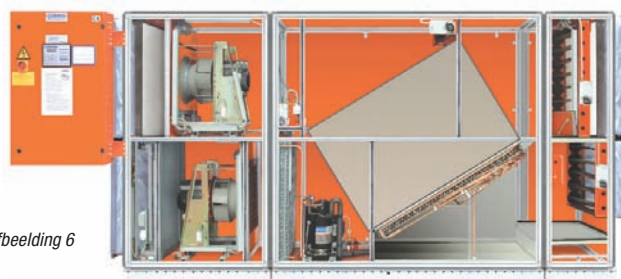
D. Ontvochtiging in de lente met 100% verse lucht. Afhankelijk van de warmtevraag wordt de warmtepomp aan- of uitgeschakeld. De warmteterugwinning uit zowel voelbare als latente warmte gebeurt integraal in de warmtewisselaar.

E. Deze toestand doet zich enkel 's zomers voor, indien de buitenlucht zeer vochtig en warm is. De buitenlucht wordt ontvochtigd door de verdamer van de warmtepomp. Door de voorgeschakelde hoogrendementswarmtewisselaar is de ontvochtigingscapaciteit maximaal. De verse lucht wordt in de platenwarmtewisselaar voorgekoeld. De warmte gegenereerd in het ontvochtigingsproces is niet bruikbaar, een wordt in de extractielucht opgenomen en direct naar buiten afgevoerd. Deze bedrijfstoestand biedt onder bepaalde voorwaarden nog een ander voordeel. Omdat de verse lucht na het doorlopen van de bovenbeschreven bedrijfsto-

stand een lager absoluut vochtgehalte heeft (XPL), wordt de noemer in de eerste vergelijking groter. Dit betekent dat het normaal te installeren luchtdebiet verlaagd kan worden. Deze situatie kan bijvoorbeeld ontstaan bij renovaties waar een aantal waterattracties aan het bestaande bad worden toegevoegd, maar de bouwkundige schachten het vereiste bijkomend luchtdebiet niet aankunnen.

In afbeelding 6 is een foto van het MENERGA® ThermoCond® systeem 37 weergegeven met een detail van het solVent®-systeem. Het betreft hier de direct aangedreven ventilatoren die standaard voorzien zijn van een volumedebietmeting en -regeling, frequentiesturing, trillingssensor en DDC-regeling. Dit tot in de puntjes geoptimaliseerd systeem zorgt in alle omstandigheden dat het vooropgestelde debiet ook daadwerkelijk behaald wordt, onafhankelijk van bedrijfstoestand, vervuilde filters, enz. Door de hoge luchttemperatuur, vochtigheid en agressiviteit van de zwembadlucht dient de unit te voldoen aan de hoogste eisen zowel op mechanisch als regeltechnisch gebied. De ondertussen sterk gewaardeerde stekkerklare systemen met volledige proefloop in de fabriek integreren hoogefficiënte warmterecuperatoren en een volledig geoptimaliseerd regelsysteem. De juiste synergie van de verschillende componenten is zowel voor het comfort als het rationeel en economisch verantwoord energieverbruik van zeer groot belang en stelt hoge eisen aan het regelsysteem. Een intelligente regeling gebaseerd op Fuzzy-logic die automatisch de meest economische bedrijfstoestand kiest volgens de gemeten en ingestelde waarden is daarbij onontbeerlijk.

JOHAN VERPLAETSEN | MENERGA nv
SEMAHAT BASER | MENERGA nv



Afbeelding 6