

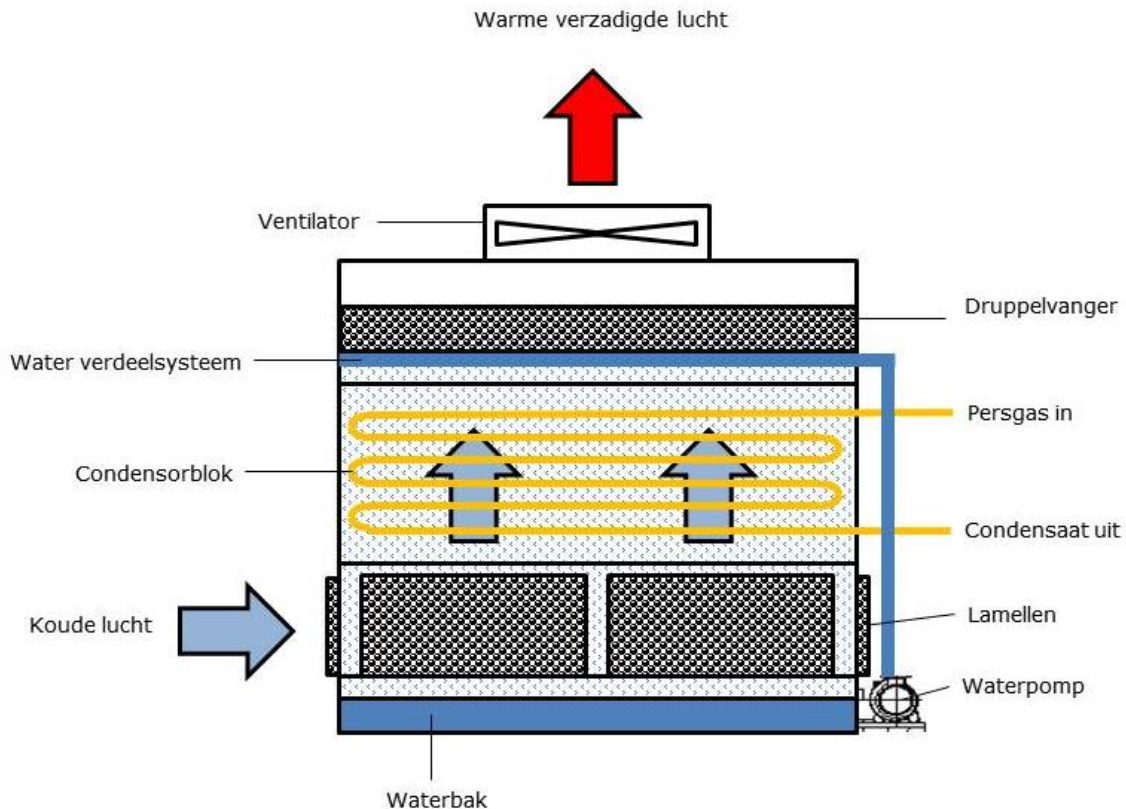
Wijbenga info sheet 7:

Verdampingscondensors

Een traditionele compressie koelinstallatie bestaat naast de basis componenten als compressor, verdamper, vloeistofvat of afscheider en expansieorgaan ook uit een condensor. De condensors kunnen we grofweg verdelen in 3 soorten:

- **Luchtgekoelde condensor:** Dit is de meest populaire uitvoering van de condensor. Lucht wordt meestal mechanisch (ventilator) over een lamellenblok gehaald waarbij warmte aan het koudemiddel wordt onttrokken en zal condenseren. Vooral in de zomermaanden en in warme streken kunnen hierdoor redelijk hoge condensatiedrukken ontstaan.
- **Vloeistof gekoelde condensor:** Meestal een pijpen of platenwarmtewisselaar waarbij het koudemiddel in de primaire zijde gecondenseerd wordt tegen een koudere secundaire (water of glycol) stroom aan de secundaire zijde. Hierin onderscheiden we nog open systemen, waarbij het opgewarmde water afgevoerd wordt, of gesloten systemen waarbij het water weer terug gekoeld wordt in een drycooler of koeltoren. Het waterverbruik van de eerste variant ligt aanzienlijk hoger dan bij de tweede variant, waar het waterverbruik veel lager of zelfs tot nul gereduceerd wordt.
- **Verdampingscondensor:** Een verdampingscondensor is een warmtewisselaar waarin warmte onttrokken wordt aan het koudemiddel door de verdamping van water. De condensatiewarmte dat in het koudemiddel zit wordt door de pijpen van de pijpenbundel overgebracht naar het water dat over de pijpen gesproeid wordt. Tegelijkertijd wordt lucht aangezogen door de lucht inlaatroosters aan de onderzijde van de verdampingscondensor en gaat dit in tegen,- of kruisstroom van het water door de pijpenbundel. Hierbij verdampt een klein gedeelte het water waarbij de opgenomen warmte afgevoerd wordt. De warme damp verlaat de verdampingscondensor aan de bovenzijde van de condensor. Het overgebleven water valt terug in de waterbak en wordt weer over de pijpenbundel gepompt.

Uiteraard zijn er nog andere soorten condensors, zoals de cascade condensor, maar daar zal in dit artikel niet verder worden ingegaan. Ook worden regelmatig twee soorten condensors naast elkaar gebruikt, men spreekt dan ook vaak van een hybride systeem. Er bestaan ook hybride condensors die in de zomer middels een geïntegreerd sproeisysteem aanvullend gebruik maken van de verdamping van water. Zo'n systeem maakt in de zomer gebruik van de voordelen van de verdamping van water en zal in de winter alleen met lucht werken om zo steeds met een zo laag mogelijke condensordruk te draaien. Een lage condensatiedruk vertaalt zich tenslotte in een betere COP (coëfficiënt of performance) van de koelinstallatie en dus een lager energieverbruik.

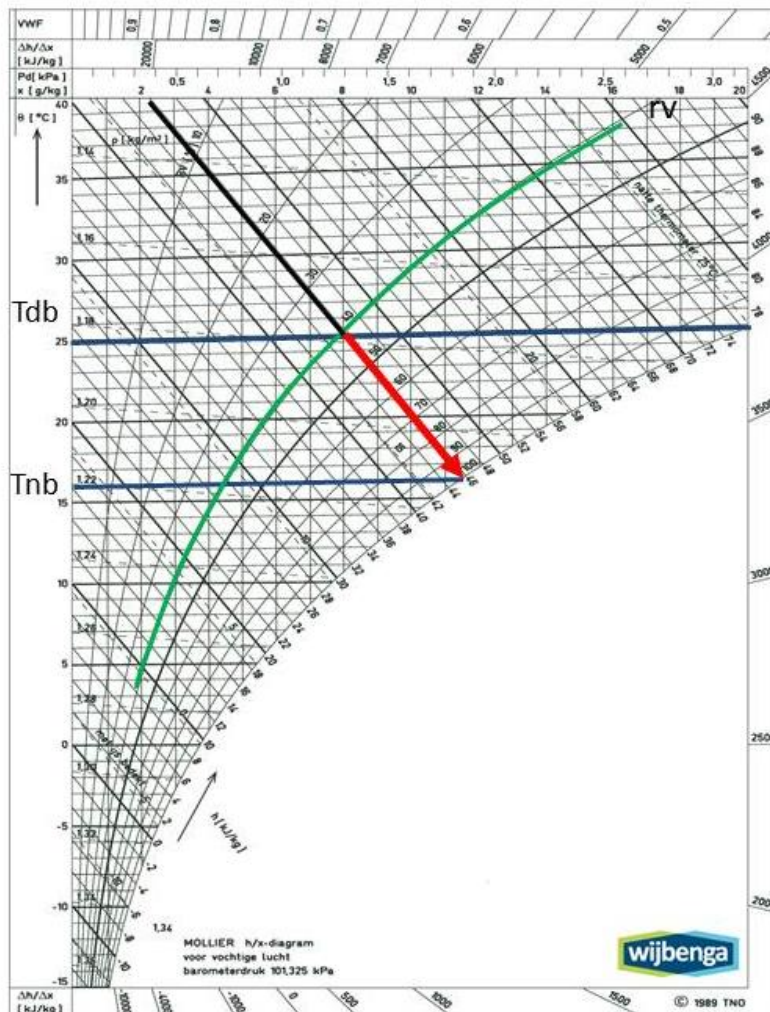


Afb. 1, principe verdampingscondensator

Selectie

Voor de selectie van verdampingscondensators moet in de eerste plaats de condensorcapaciteit in kW bepaald worden. Deze is gelijk aan de koelcapaciteit van de installatie vermeerderd met het motorvermogen en de mechanische verliezen van de compressor. Daarnaast is de voor de juiste selectie de natte bol (Tnb) temperatuur van belang. Deze temperatuur kan berekend worden uit de droge bol (Tdb) temperatuur en de relatieve vochtigheid (rv). Het spreekt voor zich dat deze waarden sterk afhankelijk zijn van de geografische opstellingsplaats. Met behulp van het Mollier h/x diagram kan de natte bol temperatuur eenvoudig bepaald worden.

In onderstaande voorbeeld is de droge bol (Tdb) temperatuur 25°C bij een relatieve vochtigheid (rv) van 40%. De bijbehorende natte bol temperatuur (Tnb) kan bepaald worden door de lijn van constante enthalpie te volgen tot het verzadigingspunt. In het voorbeeld is de natte bol temperatuur 16°C.



Afb. 2, Mollier h/x diagram

Bovenstaande proces wordt ook wel adiabatische koeling genoemd, waarbij de temperatuur van ventilatielucht wordt verlaagd door het verdampen van water. De condensatietemperatuur kan nooit lager zijn dan de natte bol temperatuur. De relatie tussen de condensatietemperatuur en natte bol temperatuur is de belangrijkste parameter voor de condensor grootte. Hoe dichter de condensatietemperatuur bij de natte bol temperatuur ligt, hoe groter de verdampingscondensor. Omgekeerd geldt hoe hoger de condensatietemperatuur hoe kleiner de condensor. Hierbij zal echter wel de COP van de installatie dalen. Over het algemeen wordt een ΔT tussen natte bol en condensatie temperatuur van 10 tot 12K aangehouden. In Nederland wordt meestal $T_c=32^\circ\text{C}$ bij een natte bol temperatuur van 22°C aangehouden.

Uitvoering en opbouw:

Verdampingscondensoren zijn grofweg te verdelen in systemen met een axiale en radiale ventilators. De lucht kan over het blok worden geblazen of door het condensorblok worden aangezogen. Daarnaast zijn er systemen met de luchtstroom in tegenstroom of kruisstroom met het water, of varianten daarvan. De uiteindelijke keuze is afhankelijk van de installatie, het gekozen fabricaat en de opstellingseisen. Omdat condensoren meestal buiten staan opgesteld speelt in veel gevallen de geluidsproductie een belangrijke rol bij de uiteindelijke keuze. Ook kunnen speciale geluid reducerende maatregelen zoals speciale ventilatoren, geluidsdempers en trillingsdempers toegepast worden.



Afb. 3 Twee uitvoeringen, radiale en axiale ventilatoren

Een verdampingscondensator is globaal samengesteld uit drie delen: een waterbassin, de warmte uitwisseling sectie en de ventilator sectie.

In de warmte uitwisseling sectie vindt de warmte uitwisseling met het koudemiddel plaats. Het water wordt uit de waterbak met een (externe) circulatiepomp verpompt en gelijkmatig verdeeld over het condensorblok door een water distributiesysteem. In het condensorblok wordt het koudemiddel gecondenseerd, de condensatiewarmte van het koudemiddel wordt aan de stalen wanden van het blok afgegeven en vervolgens afgevoerd door verdamping van het water met behulp van de luchtstroom van de ventilator. Na de warmteoverdracht wordt het water weer opgevangen in de waterbak. In de ventilatorsectie zijn de motoren en ventilatoren gemonteerd. Axiale ventilatoren zijn meestal direct gekoppeld aan de ventilatormotor, bij de radiale uitvoering wordt meestal gebruik gemaakt van V-riemen. Maar er zijn ook andere varianten op de markt te vinden. Druppelvangers in de condensator zorgen voor een afscheiding van eventuele waterdruppels in de aangezogen en uitgeblazen lucht.



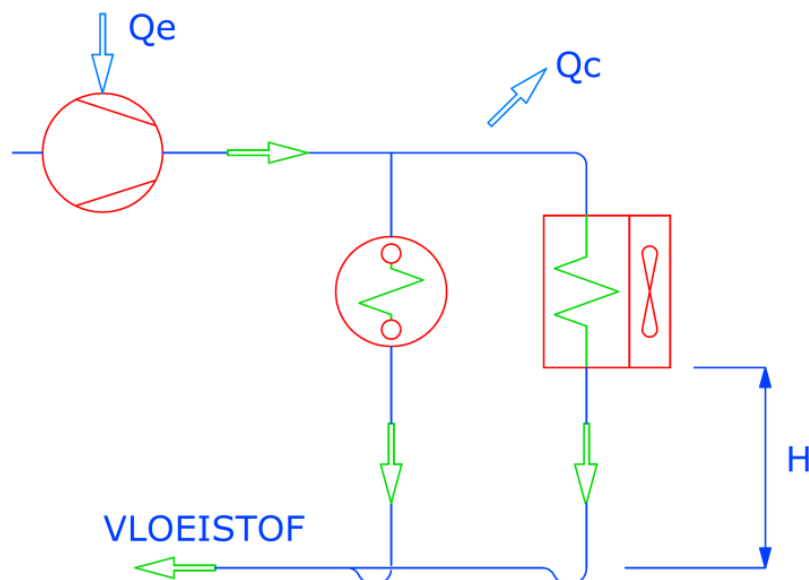
Afb. 4, Een galvaniseerd stalen condensorblok

Opstelling en leidingwerk:

Verdampingscondensoren maken gebruik van een condensorblok met spiralen, die aangesloten zijn op headers (verzamel leidingen). Vanaf de intrede aan de bovenzijde wordt oververhit persgas omgezet in verzadigde vloeistof bij de uitrede aan de onderzijde van de spiraal. In deze spiraal ontstaat een geringe drukval die enkele voorzorgsmaatregelen aan het leidingwerk vereisen. De meeste aandacht moet besteed worden aan de vloeistofafvoerleiding vanaf de condensor tot de hogedrukvlotter of het hogedruk vloeistofvat.

Op het hoogste punt van de centrale persleiding moet altijd een servicepunt voorzien worden om niet condenseerbare gassen te verwijderen. Bij meerdere secties of condensoren moeten de persleidingen zo symmetrisch mogelijk aangesloten worden, er mag geen drukverschil ontstaan tussen de verschillende delen. De verzadigde vloeistof moet met behulp van de zwaartekracht vrij uit de condensor kunnen stromen. De dimensionering en uitvoering van de leiding is cruciaal voor een goede werking.

Bij het gebruik van meerdere circuits of meerdere condensoren moet elke uitloop voorzien worden van een vloeistofslot om drukverschillen tussen de circuits op te heffen. Zonder vloeistofslot kan zich vloeistof verzamelen in het circuit met de hoogste drukval. Een vloeistofslot kan bereikt worden door elke uitloop te voorzien van een zogenaamde P-trap of zwanenhals of door de afzonderlijke vloeistofleidingen in een centraal vloeistofvat door te steken tot de onderzijde van het vloeistofvat. Bij het gebruik van verschillende condensoren (type, fabricaat) zal er extra aandacht besteed moeten worden aan de statische hoogte van de uitloopleiding, omdat de drukverschillen van de verschillende soorten condensoren sterk kunnen verschillen. Onvoldoende hoogte zal resulteren in het opvullen van de condensor met de hoogste drukval.



Afb. 5, Opstelling bij verschillende condensoren

Waterbehandeling:

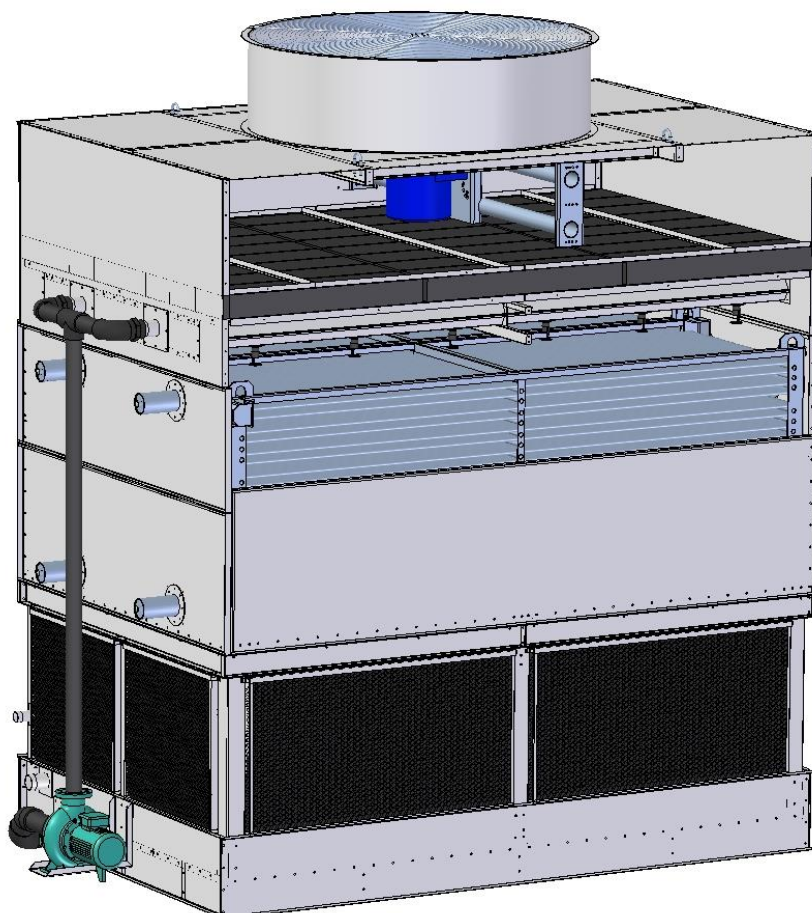
Verdamping van water leidt tot een noodzakelijk water kwaliteitsbeheer. Een correcte waterbehandeling verlengt de levensduur van de installatie en de condensor, verhoogt de prestatie en vermindert het water gebruik. Kwaliteitscontrole van het recirculerende

water is essentieel, niet alleen voor de condensor zelf maar ook voor alle elementen die geen deel uitmaken van het condensorcircuit.

Vanwege het feit dat de werking van de condensor gebaseerd is op verdamping, zullen zout concentraties en onopgeloste stoffen in de condensor achterblijven. Om indikking te voorkomen moet het watersysteem continue en automatisch gecontroleerd door water te spuien en vers water met additieven toe te voeren. De additieven dienen kalkafzetting, een ongezond biologisch klimaat en corrosie te voorkomen. Zorg er altijd voor dat elk product gebruikt voor waterbehandeling en reiniging in de juiste concentratie gebruikt wordt en de materialen die in de condensor gebruikt zijn niet aangetast kunnen worden.

Speciale aandacht moet ook besteed worden aan legionella preventie en de daarvoor geldende regels. In een warme omgeving kunnen legionellabacteriën zich snel vermenigvuldigen. Bovendien kunnen de legionellabacteriën via de waterlevel in de condensor eenvoudig in de lucht komen die mensen inademen.

In de winter zijn maatregelen nodig om bevriezing te voorkomen. Dit kan door het toepassen van een bakverwarming of het aftappen van het water. De meeste condensoren kunnen ook droog werken, maar dit gaat dan wel ten koste van het condensorvermogen.



Afb. 6, Een opengewerkt model van een verdampingscondensor

Tenslotte

Verdampingscondensoren verbruiken een geringe hoeveelheid water en vereisen een nauwkeurige waterbehandeling. Aan de andere kant maken verdampingscondensoren het mogelijk, om onder bepaalde condities, aanzienlijk lager te condenseren. Dit levert direct een flinke energie besparing op en kan de levensduur van de installatie verlengen. In een concept van een duurzame (industriële) installatie is het goed alle voor,- en tegens van de verschillende typen condensoren af te wegen voordat een keuze wordt gemaakt.

Versie 1, 11-7-2014 JS