

VACUUMVRIESVERDAMPER
TEN BEHOEVE VAN
NATTE KOELSYSTEMEN

door
Ir. P.J. Collet



postbus 342
7300 AH apeldoorn

bezoekadres
laan van westenenk 501

telex 36395 tnoap
telefoon 055 - 77 33 44

Ref.nr. : 85-09184
Dossiernr. : 8725-14029
Datum : juli 1985
NP

Trefwoorden :
natte koelsystemen
luchtkoelers
gekoelde opslag
vacuümbevriezing
verdampers

„Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
copie, microfilm of op welke andere
wijze dan ook, zonder voorafgaande
toestemming van TNO.”

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten
en verplichtingen van opdracht-
gever en opdrachtnemer verwezen
naar de „Algemene Voorwaarden
voor Onderzoeks- en ontwikke-
lingsopdrachten aan TNO, 1979”
dan wel de desbetreffende terzake
tussen partijen gesloten overeen-
komst.

INHOUDSOPGAVE	<u>pag.</u>
SAMENVATTING	3
1. INLEIDING	4
2. TOEPASSING TEN BEHOEVE VAN NATTE KOELSYSTEMEN	5
2.1 Tegenstroom- in vergelijking met kruisstroamluchtkoelers	5
2.2 Centrale in vergelijking met integrale systemen	6
3. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	8
4. LITERATUUR	9

SAMENVATTING

De inhoud van dit rapport betreft een beschouwing over de mogelijkheden om door toepassing van een ijs-slurry de effectiviteit en de kosten van natte koelsystemen te verbeteren. Deze beschouwing past in het kader van een onderzoek naar de gebruiksmogelijkheden van een door TNO geconcipeerde vacuüm-vriesverdamper.

1. INLEIDING

De vacuümvríesverdamper is een warmte-wisselaar die, in een door TNO geconcepíeerde uitvoering, primair bestemd is voor de benutting van de bevríezingswarmte van water als warmtebron voor centrale warmtepompsystemen.

Kenmerkend voor het bevríezingsproces is dat íjs wordt geproduceerd als een suspensie van kleine íjskristallen in water (afmetingen van 0,1 à 0,5 mm). Een dergelijke íjs-slurry heeft een hoge warmtecapaciteit (door de smelt-warmte van het íjs), en is gemakkelijk verpompbaar. Dit biedt mogelijkheden om het gedurende een stookseizoen gevormde íjs tegen acceptabele kosten op te slaan en te benutten voor koeldoeleinden in de zomer. Tevens kan door wassen en smelten van de íjskristallen een gedemineraliseerd waterprodukt worden verkregen.

De betreffende vacuümvríesverdamper is beschreven in [1]. De voordelen betreffen enerzijds de benutting van bevríezingswarmte als warmtebron en anderzijds een verbetering van de economische haalbaarheid door combinatie van warmtevoorziening met koeling en waterzuivering.

2. TOEPASSING TEN BEHOEVE VAN NATTE KOELSYSTEMEN

In het kader van een gefaseerde ontwikkeling van de vacuüm-vriesverdamper en de hierop gebaseerde systemen verdient het aanbeveling om in eerste instantie te concentreren op de hiervoor meest geëigende systemen.

Dit betreft bijvoorbeeld koelsystemen waarvan de geproduceerde ijs-slurrie speciale voordelen biedt. De mogelijkheid hiertoe doet zich voor in het geval van de gekoelde opslag van zuivel en tuinbouwproducten (in bijvoorbeeld veilinggebouwen). Dit gebeurt in vele gevallen door middel van natte koelsystemen waarbij lucht uit de koelcel wordt gekoeld door direct-contact warmte-wisseling met koud water [2]. De hierbij gebruikte luchtkoelers zijn aangegeven in fig. 1. Voor vele producten is een bewaartemperatuur vereist van 0 tot 1 °C. Aangezien dit koude water niet beneden 0 °C kan worden afgekoeld impliceert dit warmte-overdracht op basis van kleine temperatuursverschillen met onder andere als consequentie grote afmetingen van de betreffende luchtkoelers.

Toepassing van een ijs-slurry in plaats van gekoeld water biedt vooral bij deze temperaturen belangrijke voordelen. Deze voordelen zullen in het volgende worden aangegeven in het kader van een algemene beschrijving van de verschillende uitvoeringsvormen van natte koelsystemen. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen centrale en integrale systemen met tegenstroom- of kruisstroamluchtkoelers.

2.1 Tegenstroom- in vergelijking met kruisstroom luchtkoelers

Het verschil tussen tegenstroom- en kruisstroamluchtkoelers blijkt uit de schematische voorstelling in fig. 1.

Het fundamentele voordeel van het tegenstroomprincipe is de grotere effectiviteit van de warmtewisseling. Vooral bij bewaartemperaturen van 0 tot 1 °C weegt dit aspect zo zwaar, dat een kruisstroamlucht-koeler niet of nauwelijks voor toepassing in aanmerking komt.

In gevallen waarbij een hoge effectiviteit van minder belang is, biedt de kruisstroamluchtkoeler de volgende voordelen ten opzichte van de tegenstroamluchtkoeler [3]:

- een compactere bouw, vooral voor wat betreft de bouwhoogte;
- minder geluidsoverlast, hetgeen voornamelijk wordt veroorzaakt door in het verzamelvat vallend water;
- een verminderd pompvermogen als gevolg van een lagere opvoerhoogte van het circulerende water.

Bij rondpompen van een ijs-slurry in plaats van gekoeld water, zal tijdens de warmte-overdracht in de luchtkoeler de watertemperatuur constant op 0 °C blijven. De effectiviteit van een kruisstroomluchtkoeler zal hierdoor gelijk zijn aan die van een tegenstroomluchtkoeler. Toepassing van een kruisstroomkoeler heeft in dit geval dus uitsluitend voordelen, die bovendien worden geaccentueerd door het hogere gemiddelde temperatuursverschil tussen lucht en water (voor wat betreft de afmetingen van de koeler), en door de grotere warmtecapaciteit van de ijs-slurry ten opzichte van gekoeld water (voor wat betreft de vermindering van de benodigde pomparbeid).

2.2 Centrale in vergelijking met integrale systemen (fig. 1)

Centrale systemen worden gekenmerkt door centrale koeling van water dat via distributieleidingen wordt getransporteerd naar in (of bij) ieder van de koelcellen geplaatste luchtkoelers.

Integrale systemen worden gekenmerkt door waterkoeling die plaats vindt door middel van verdamperpijpen, die onderdeel vormen van iedere individuele luchtkoeler.

Voordelen van centrale systemen zijn:

- grotere koelinstallatie met meestal een lager specifiek energieverbruik en lagere specifieke investerings- en onderhoudskosten;
- compactere luchtkoelers (door eliminatie van het koelblok), waardoor ophanging in de koelcel mogelijk is (in elk geval vergemakkelijkt wordt);
- betere basis voor het combineren van warmte- en koudeproductie.

Nadelen van een centraal systeem zijn:

- de bijkomende kosten van een goed geïsoleerd leidingnet;
- de extra benodigde pompenergie (die vooral bij kleine verschillen tussen aanvoer- en retourtemperatuur aanzienlijk kan zijn);
- warmtelekken en stromingsverliezen geven een verhoging van de aanvoertemperatuur (vooral van belang wanneer een bewaartemperatuur van 0-1 °C wordt vereist).

Door gebruikmaking van een ijs-slurry in plaats van koud water, kunnen deze nadelen in sterke mate worden gereduceerd. Warmtelekken geven geen verhoging van de aanvoertemperatuur, zodat wat dit betreft de isolatiegraad van de leidingen aanzienlijk minder kan zijn (en de maximale transportafstand aanzienlijk groter). De benodigde pompenergie is aanzienlijk geringer als gevolg van de grotere warmtecapaciteit van de ijs-slurry. Voor een 6% ijs-slurry is deze bijvoorbeeld 4 x zo hoog als voor water dat 1,2 K wordt opgewarmd.

3. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Toepassing van de vacuümvriesverdamer als onderdeel van natte koel-systemen kan belangrijke voordelen bieden bij gebruikmaking van de geproduceerde ijsslurry als koelmedium in de betreffende natte lucht-koelers. Dit betreft vooral een vermindering van de investeringskosten en de benodigde pomparbeid, met name voor de uitvoering als centraal systeem met kruisstroamlucht-koelers.

Een dergelijke systeemuitvoering verdient aanbeveling als eerste praktijktoepassing van de vacuümvriesverdamer. Er is sprake van een reeds bestaande markt voor deze apparatuur ten behoeve van de gekoelde opslag van zuivel- en tuinbouwprodukten. Bovendien zijn de technische en economische onzekerheden belangrijk minder dan voor een systeem van gecombineerde warmte- en koudevoorziening zoals voorgesteld in [1]. Dit betreft vooral het onafhankelijk zijn van de technisch-economische haalbaarheid van de seizoensopslag van ijs.

Aanbevolen wordt daarom om in een ontwikkelingsplan voor de vacuümvriesverdamer de volgende uitvoeringsfasen op te nemen.

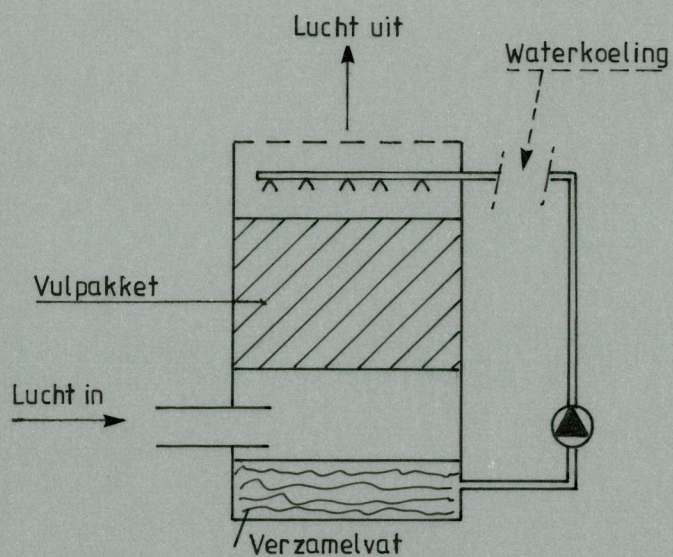
- Uitvoering van een technisch-economische studie, inclusief een marktonderzoek (betreffende natte koelsystemen) en de dimensionering van optimale systeemcomponenten (betreffende de vacuümvriesverdamer en de kruisstroamlucht-koeler).
- Bouw en beproeving van een vacuümvriesverdamer en bijbehorende kruisstroamlucht-koeler (vacuümvriesverdamer met een koelvermogen van bijvoorbeeld $250 \text{ kW}_{\text{th}}$).
- Uitvoering van een demonstratieproject (veilinggebouw voor tuinbouwprodukten).

4. LITERATUUR

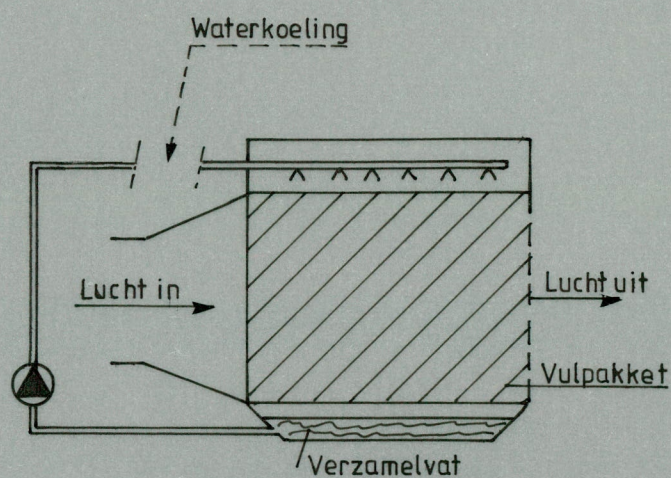
- [1] Collet, P.J.; Wormgoor, J.W. en Van Dorp, W.C.
A Vacuum-Freeze Evaporator for Large Heat Pump Installations.
IIR-Meeting Trondheim, juni 1985.

- [2] Praktijkadvies no. 21.
Natte koelsystemen voor het voorkoelen en bewaren van tuinbouwprodukten.
Sprenger Instituut Wageningen.

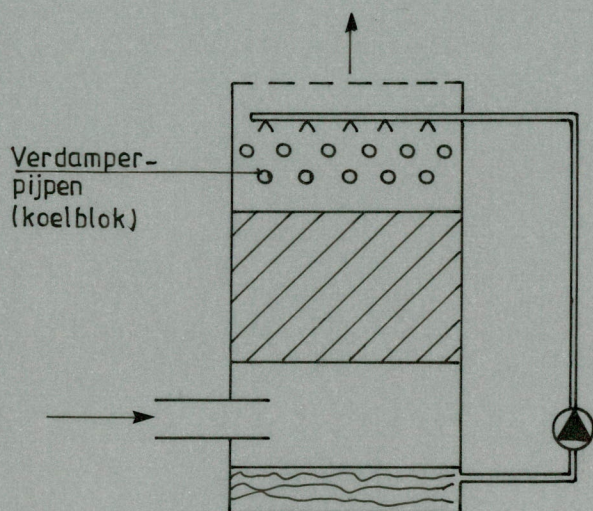
- [3] Dirkse, R.J.A.
Auslegung von Kühltürmen, Naszluftkühlern und Luftbefeuchtern in
Kreuzstromverfahren.
Die Kälte und Klimatechnik, Nov. 1982.



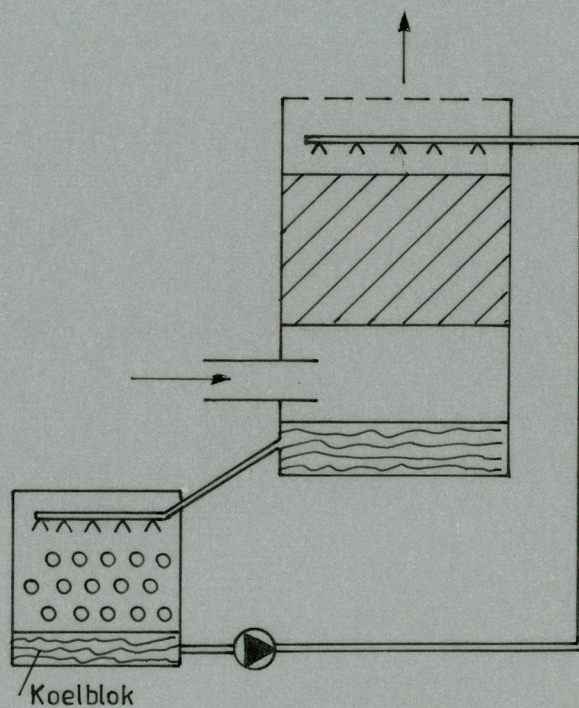
Tegenstroom luchtkoeler



Kruisstroom luchtkoeler

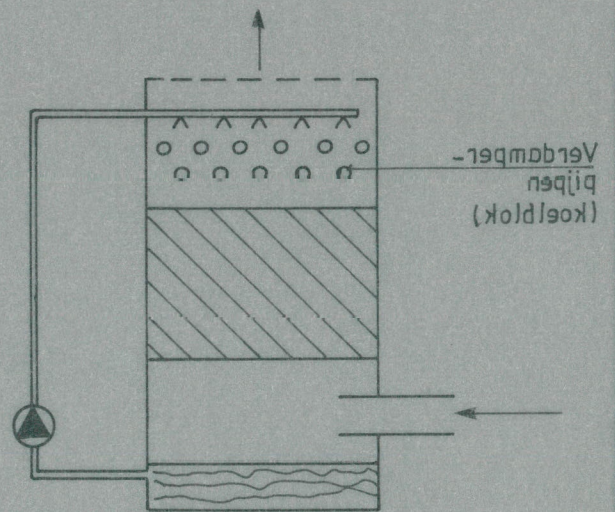


Integraal systeem

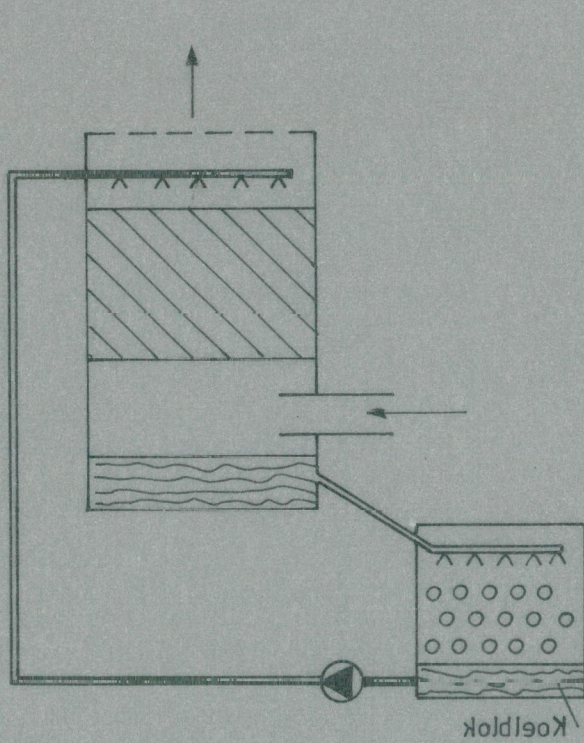


Centraal systeem

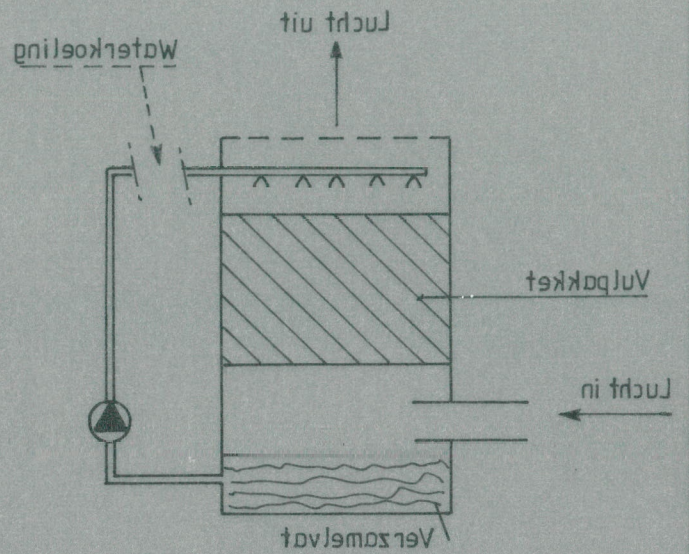
Integraal systeem



Centraal systeem



Tegenstroom luchtkoeler



Kruisstroom luchtkoeler

