

# Watergordijn voor de semi-gesloten kas

Koelen en ontvochtigen van een gesloten kas met het Novarbo-watergordijn wordt al een aantal jaren in Finland gedaan. De eerste resultaten van experimenten in Nederland en Spanje zijn bekend; vervolgtesten in Canada zijn zojuist gestart. Het systeem maakt gebruik van koelwater met een temperatuur onder 18 °C binnen de kas, en warmteafgifte van het opgewarmde water aan de open lucht buiten de kas. Het koelvermogen bedraagt gemiddeld 500 W/m<sup>2</sup>. Dit wordt bereikt met slechts 5 W/m<sup>2</sup> aan elektrisch vermogen voor de ruimtekoeling. De COP bereikt dan een factor 100.

Ir. K.E. (Karl) Sewalt, TNO

In de lente van 2010 werden in Finland 5 tot 7 kg komkommers per week per m<sup>2</sup> geoogst, in een onderzoek- en productiekas, beide voorzien van het Novarbo-systeem. In de tweede helft van 2010 is een experiment uitgevoerd met het watergordijn voor koeling en ontvochtiging van een proefunit van 160 m<sup>2</sup> in het TNO Fieldlab in Demokwekerij Westland te Honselersdijk. Dit resulteerde in een gelijkmatiger klimaat en een gezond en kwalitatief

goed komkommergewas. In Spanje werden de eerste 5 kg geoogst in de afdeling met het Novarbo-systeem, eerder dan de eerste kilo's van het vergelijkingsvak rijp waren om geoogst te worden.

### ■ IDEALE DRUPPELS

Het Finse Biolan ontwierp een systeem waarbij waterdruppels voor een zo efficiënt mogelijke koeling en ontvochtiging zorgen en het resul-

taat heet Novarbo.

De waterdruppel als vorm is interessant, want deze eenheid van water heeft veel flexibelere eigenschappen dan een grotere hoeveelheid water. Op het moment dat in de kas een druppel water van 18 °C naar de grond valt, stijgt de temperatuur van de waterdruppel gemiddeld 1 tot 2 °C over een afstand van 2,5 meter. Bovendien kan die druppel water, bij een kastemperatuur van ongeveer 28 °C en een voldoende hoge relatieve luchtvochtigheid (RV), tijdens die korte val tot wel een millimeter groter worden doordat vocht uit de kaslucht tegen de druppel condenseert. De druppel heeft dus zowel een koelende als ontvochtigende werking.

De afmeting van de druppel is belangrijk: als de druppel te klein is, is er weinig meer van over

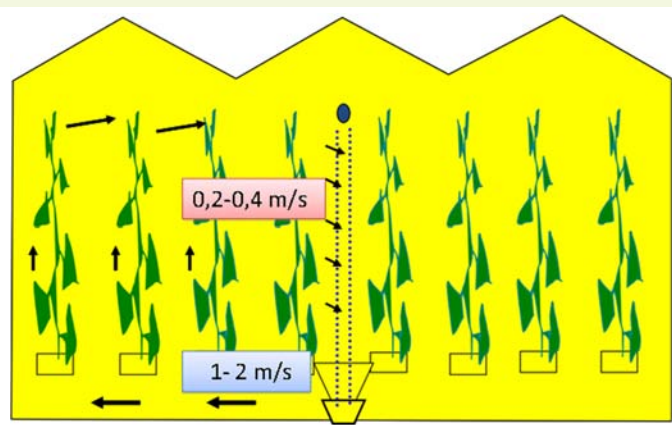


1. pomp
2. sproeikop
3. watergordijn
4. druppelscheider
5. opvanggoot
6. filter

-Figuur 1- Het watergordijn schematisch weergegeven



-Figuur 2- Vallende waterdruppels vormen een watergordijn dat warmte en vocht uit de kaslucht opneemt. Een opstelling per 10 m levert een koelvermogen van gemiddeld 500 W/m<sup>2</sup>. Rechts de opvanggoot.



-Figuur 3- Optreden van luchtstromen in het gewas door convectie

tegen de tijd dat hij bij de grond is aangekomen. In dat geval treedt slechts verneveling op. Zijn de druppels te groot, dan is er geen maximale koeling en ontvochtiging. De sproeikoppen in het systeem moeten dus zorgen voor een ideaal druppel formaat.

### OPVANGGOOT

Een druppel die bij de grond is aangekomen, wordt opgevangen in een goot. Deze is aan weerszijden voorzien van een spatscherm om te voorkomen dat het water tegen het gewas spettert en lokale vochtproblemen veroorzaakt.

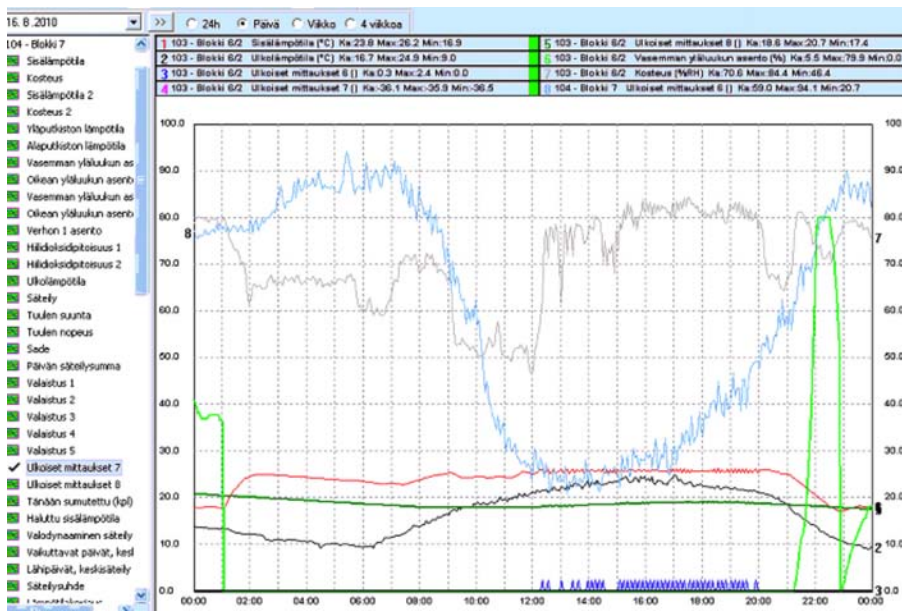
Het watergordijn zorgt niet alleen voor koeling en ontvochtiging, maar ook voor een derde belangrijke eigenschap: convectie. Het neerkomende water in de opvanggoot zorgt voor een uitwaaiende beweging van lucht. Aan de bovenkant van het systeem wordt juist lucht aangezogen op de plaats waar de druppels de sproeikop net hebben verlaten. Het resultaat is een stroming van lucht, zonder dat er ook maar één ventilator voor nodig is.

Het opgewarmde water in de opvanggoot kan teruggevoerd worden naar het bassin en daar weer de warmte afgeven met behulp van adiabatische koeling. Een andere oplossing is het water naar een warmtebron in een aquifer te leiden. De laatste optie is het duurzaamst en efficiëntst.

### REGELINSTELLING

Härkälä en Agrifood Research Center in Finland zijn de pioniers van de toepassing van het Novarbo-watergordijn. Goede resultaten werden behaald met komkommerplanten die hoge CO<sub>2</sub>-gehalten goed aankunnen (tot wel 1.000 ppm). De fotosynthese vertoonde een stijging en het bladoppervlak nam eveneens toe, wat nog een versterkend effect veroorzaakte.

Telen met een hoog CO<sub>2</sub>-gehalte in combinatie met veel zoninstraling vereist een juiste combinatie van regelinstellingen. Als de tem-



Temperatuur, °C rood: binnen, zwart: buiten, donkergroen: koelwater.  
 Vochtigheid, % RV blauw: buiten, grijs: binnen  
 Ventilatie opening, % lichtgroen  
 Watergordijn, actief donkerblauw

-Figuur 4- 16 Augustus 2010, een warme zomerdag in een kas in Härkälä

peratuur van het koelwater lager is dan 18 °C, kan de kas met het koelsysteem geheel gesloten blijven. Het kasklimaat kan gedurende het heetst van de dag dan toch gelijkmatig op een temperatuur van 26 °C en een relatieve vochtigheid van 85% gehouden worden. Bij een temperatuur van het koelwater van 16 °C, blijft die waarde zelfs onder de 75%.

## PILOT PROJECT

De eerste pilot op grotere schaal met het watergordijn voerde Novarbo uit in een commerciële kas in Härkälä in het zuidwesten van Finland, zie tabel 1. De grootte van de afdeling bedroeg 540 m<sup>2</sup>, het gewas betrof komkommers. In de zomer kan de globale zoninstraling in Finland oplopen tot 850 W/m<sup>2</sup>. In een gesloten kas neemt de temperatuur verticaal toe met ongeveer 1 °C per meter hoogte, wat bijdraagt aan de warmte-uitstraling via het glas in het kasdek.

In de ochtend was de koefficiëntie hoog door het relatief koude koelwater dat beschikbaar is. Het koelvermogen was dan groter dan de zoninstraling. Het watergordijn schakelde dan aan en af in cycli van ongeveer 10 tot 20 minuten. In de middag steeg de temperatuur van het koelwater tot 21,5 °C en bleef het systeem de meeste tijd ingeschakeld. Het koelvermogen was dan net genoeg om de middagstraling te compenseren. De hoogste gemeten binnentemperatuur was 27,5 °C, terwijl de ventilatieopeningen gesloten waren. Verneveling werd in de kas niet toegepast.

## METING 'S NACHTS

Het vermogen van de adiabatische verdamer werd 's nachts gemeten, wanneer er geen sprake was van warmtebelasting van de zon of uit de kas. De grootte van het bassin was 100 m<sup>2</sup>. Het behaalde koelvermogen met een 2,2 kW (sproei)verdamer was tussen 75 tot 140 kW, zodat de COP (Coefficient of Performance) varieerde tussen 34 tot 64, afhankelijk van de watertemperatuur en de natteboltemperatuur (zie kadertekst) van de buitenlucht. Het koelvermogen van een verdamer was minder dan de hoogste dagelijkse warmtebelasting, maar voldoende voor het gemiddelde weer, zie tabel 2.

Koelen met het Novarbo-druppelgordijn is effectief, maar afhankelijk van externe omstandigheden. De zogenaamde natteboltemperatuur van de buitenlucht bepaalt de grens om het water af te kunnen koelen. De natteboltemperatuur is het laagst in de Scandinavische landen en in droge klimaten. In Finland is op een typische warme zomerdag (bij 25 °C en 40% relatieve vochtigheid) de natteboltemperatuur 16 °C en in bijvoorbeeld Yuma, Californië is dit 18 °C (bij 40 °C en

	Eenheid	11:00 h	18:00 h
Globale instraling buiten	W/m <sup>2</sup>	810	500
Temperatuur buitenlucht	°C	18	22
Vochtigheid buitenlucht	%RV	41%	72%
Temperatuur in kas	°C	27	27,5
CO <sub>2</sub> -concentratie	ppm	> 1000	> 1000
Temperatuur koelwater	°C	13,8	21,5
Temperatuur retourwater	°C	17	23,3
Debiet	l /s	35	35
==> Koelvermogen	kW	469	264
Nominaal koelvermogen	W/m <sup>2</sup>	870	490
Inschakelmodus		part time	full time
Opgenomen elektrisch vermogen	kW	2,2	2,2
Nominaal vermogen	W/m <sup>2</sup>	4,1	4,1
COP (koel-/opgenomen vermogen)		213	120

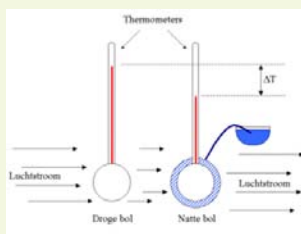
-Tabel 1- Koeling van een 540 m<sup>2</sup> afdeling in een kas in Härkälä met het Novarbo-druppelgordijn

	Eenheid	0:00 h	5:00 h	22:00 h	24:00 h
Temperatuur buitenlucht		4	5	15	8
Vochtigheid buitenlucht		98	97	92	97
Bassintemperatuur	°C	16,5	13,3	20,1	17,7
Koelvermogen verdamer *)	kW	75	140		
Opgenomen elektrisch vermogen	kW	2,2	2,2		
COP (koel-/opgenomen vermogen)		34	64		

-Tabel 2- Prestaties van de adiabatische (sproei)verdamer (Waterix Coolit 8000) 's-nachts in het 100 m<sup>3</sup> bassin in Härkälä

\*) inclusief uitstraling van bassin

## NATTEBOLTEMPERatuur



-Figuur 5-

De natteboltemperatuur is de laagste temperatuur die lucht krijgt door er zoveel water in te laten verdampen dat de lucht verzadigd wordt. Dit moet adiabatisch plaatsvinden, dat wil zeggen zo snel dat er geen sprake is van warmte-uitwisseling met de omgeving. Door deze temperatuur te vergelijken met de gewone temperatuur kan de luchtvochtigheid worden bepaald.

Bij deze methode worden twee thermometers in een luchtstroom geplaatst (minimale snelheid 5 m/s). Bij één van de twee thermometers wordt om het kwikreservoir een katoenen kousje aangebracht dat via een katoenen draad is verbonden met een waterreservoir (figuur 5).

Voor het verdampen van het water uit het kousje is warmte nodig. Deze warmte wordt onttrokken aan het kwikreservoir, waardoor dit afkoelt. De thermometer met de natte bol zal dan een lagere temperatuur aangeven dan de thermometer met de droge bol.

Doordat de temperatuur van het kousje lager is dan de omgevingstemperatuur zal er warmte stromen van de omgevingslucht naar het kousje. Na enige tijd neemt het kousje een temperatuur aan waarbij de warmtestroom van de lucht naar het kousje gelijk is aan de warmte die nodig is voor de verdamping van het vocht in het kousje.

Deze evenwichtstemperatuur noemt men de natteboltemperatuur. Is de lucht droog, dan zal er meer water verdampen en zal de natteboltemperatuur op een lagere waarde stabiliseren. Het verschil in aangegeven temperatuur is dus een maat voor de vochtigheid van de luchtstroom.

(Bron Wikipedia)



10% relatieve vochtigheid). Een relatief klein verschil dus, maar lastiger zijn de relatief hoge buitentemperaturen die 's nachts kunnen voorkomen in warme klimaten.

### VOLDOENDE KOELWATER

De belangrijkste uitdaging is een voldoende hoeveelheid koelwater met een temperatuur lager dan 18 °C beschikbaar te hebben. Novarbo past het koelen aan de open lucht toe door middel van een adiabatische (sproei-) verdamer bij het bassin, waarbij de efficiëntie afhangt van de eerder genoemde natteboltemperatuur van de buitenlucht. In de winter, het voorjaar, de vroege zomer en herfst is deze temperatuur laag genoeg voor koeling door verdamping. In Nederland is genoeg koelwater beschikbaar: aquifers, sloten, vaarten, waterbassins. Gebruik van dit water is een belangrijke voorwaarde voor een economisch rendabele, op de Nederlandse glastuinbouw afgestemde versie van het Novarbo-systeem: een lichte en compacte uitvoering voor koeling en ontvochtiging van semigesloten kassen.

### NADER ONDERZOEK

De investeringen in het Novarbo-systeem zijn nu nog aanzienlijk: globaal 70 euro per m<sup>2</sup>. Eenmaal aangelegd consumeert het systeem



-Figuur 6- Koeling van het water uit de kas in het bassin

tussen de 5 en 7 W per m<sup>2</sup>. Onderhoud is een belangrijke factor om het systeem draaiend te houden. Algen vormen bij vrijwel alle buizensystemen waar water doorheen loopt een probleem. Het koelwater dient dus te worden schoon gehouden, maar bij gebruik van bassinwater kan de tuinder gebruik maken van zijn reguliere zuiveringssysteem. Ook al draait het systeem prima in Finland en

zijn de eerste resultaten veelbelovend, voor de Nederlandse markt is het nog niet direct inzetbaar. TNO wil samen met de leverancier verder onderzoeken hoe het systeem is aan te passen aan de Nederlandse situatie.

*Dit artikel is tot stand gekomen met medewerking van:*

*Jukka Huttunen - Novarbo Oy, Biolan Group*

# ECO

## KETELSERVICE VERHUUR

**Tijdelijk of semi permanent behoefte aan extra warmte en/of energie?**  
**Uw bron van informatie bij het kopen of huren van ketelinstallaties voor stoom, warm en heet water.**

**Verhuur**

- warmwaterketels tot 8 MW
- heetwaterketels tot 12 MW
- automatische expansie-inrichtingen
- stoomketelunits tot 28 barg van 400 kg/hr tot 16.000 kg/st
- ontgassers, voedingswatertanks, ontharders
- olietanks 3, 5, 10 en 20m<sup>3</sup>
- in container, buitenopstelling of romneyloodsen

**Services**

- 24 uren storingsdienst
- leidingwerkmontage
- onderhoud
- engineering

**Milieuzorg**

- Low-NOx installaties
- geluidsbesparende omhuizingen
- CE normering

[www.ecotilburg.com](http://www.ecotilburg.com)

Postbus 899, 5000 AW Tilburg - Hectorstraat 23, 5047 RE Tilburg - Tel: 013 5839440 - Fax: 013 5358315 - E-mail: info@ecotilburg.com