

STATE-OF-THE-ART BEWAREN VAN TULPENBOLLEN (4): Circulatiënormen

Het in 2007 gestarte project State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen toonde aan dat met deze technologie veel energie bespaard kan worden. De kwaliteit van de bollen wordt hierbij verbeterd. Daarnaast is er tot en met 2011 veel aanvullend onderzoek verricht, onder meer naar de verbetering van de luchtverdeling over de kistenstapeling. Hierdoor kan nog veel meer energie bespaard worden. In vier artikelen zijn de bevindingen van dit project samengevat. Dit vierde artikel behandelt de circulatienorm.

Tekst: Jeroen Wildschut, PPO
Foto: PPO Bloembollen

Ventilatie- en circulatienormen stammen uit de tijd dat de af te voeren stoffen niet door sensoren continue gemeten (gemonitord) konden worden, en dat het bewaarklimaat niet door een klimaatcomputer gestuurd kon worden. Ze zijn berekend op basis van zogenoemde worst case scenario's. Nu alles in principe meetbaar en regelbaar is, kan zeer veel energie bespaard worden in vergelijking met handmatig volgens die normen ingestelde ventilatie en circulatie. Aan de hand van enkele scenario's wordt dit gedemonstreerd.

DE VENTILATIENORM

De ventilatienorm voor tulpenbollen kan eenvoudig afgeleid worden uit de ethyleenproductie per zure bol, het maximale percentage zure bollen en de schadedrempel van 100 ppb voor ethyleen. Het ethyleengehalte tussen de bollen in een kuubkist (ekist) is te berekenen met: $ekist = P_{kist} / Circulatie + P_{cel} / Ventilatie + ebuiten$. Hierin is P_{kist} = de ethyleenproductie in de kist, P_{cel} = de gemiddelde ethyleenproductie in de bewaarcel, $ebuiten = 5$ ppb en $ekist$ moet onder de 100 ppb blijven. Bij gemiddeld 5 procent zure bollen in de cel en in de kist, en een gemiddelde ethyleenproductie van 0,14 ml/dag per zure bol, leidt ventilatie met 100 m³/uur en circulatie met 500 m³/uur per kuub bollen tot een ethyleengehalte van 100 ppb tussen de bollen in de kist en een ethyleengehalte van 84 ppb in de cellucht, scenario 1 in de tabel hiernaast. Is het percentage zure bollen lager, bijvoorbeeld 2%, dan blijft bij deze ventilatie- en circulatiedebieten het ethyleengehalte tussen de bollen op 43 ppb. Bij een percentage zure bollen hoger dan 5%, of bij zure bollen die veel meer dan de 0,14 ml ethyleen/dag per bol

produceren, komt het ethyleengehalte boven de 100 ppb. De meeste cellen zijn ingericht op een maximum ventilatiedebiet van 100-120 m³/uur per kuub bollen, zodat als de ethyleenproductie heel erg oploopt de ventilatiecapaciteit niet meer voldoet. Een oplossing is dan om het aantal kisten te verminderen.

.....

‘Nu alles in principe
meetbaar en regelbaar is, kan
zeer veel energie bespaard
worden in vergelijking met
handmatig volgens die
normen ingestelde ventilatie
en circulatie’

.....

Als bij 5% zure bollen door een ongelijke luchtverdeling over de kistenstapeling de circulatie van de minst beluchte kist slechts 300 m³/uur is, en die van de meest beluchte kist 700 m³/uur, dan is het ethyleengehalte in die kisten respectievelijk 111 en 96 ppb. Dit is maar een klein verschil en heeft op de bollen geen effect. Wordt in deze situatie het circulatiedebiet teruggebracht naar 400 m³/uur (scenario 2), dan wordt het ethyleengehalte gemiddeld per kist maar iets hoger: 104 ppb in plaats van 100 ppb. En in de minst en in de meest beluchte kist worden de gehalten respectievelijk 117 en 99 ppb. Dit zijn slechts kleine toenames die op de bollen geen effect zullen hebben. Het energieverbruik voor circulatie neemt echter al met 50% af!

WEINIG ZURE BOLLEN (1%)

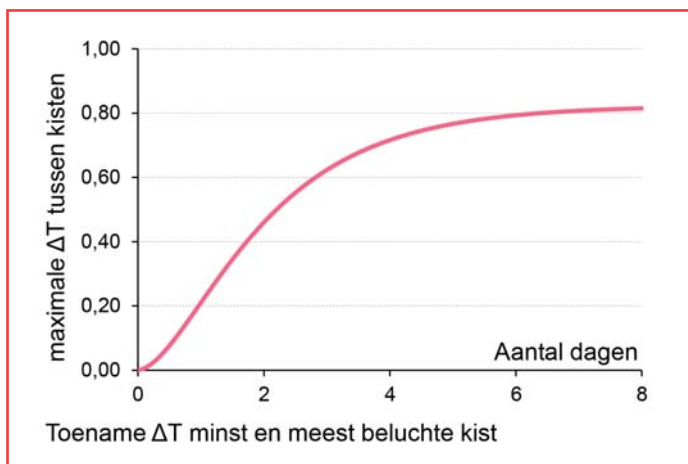
Bij slechts 1% zure bollen daalt het gemiddelde ethyleengehalte tussen de bollen naar 25 ppb; naar 27 ppb in de minst, en naar 24 ppb in de meest beluchte kist. De ventilatie kan dan fors verminderd worden, naar bijvoorbeeld 20 m³/uur. Het ethyleengehalte tussen de bollen wordt dan 88 ppb, zodat ook de circulatie minder kan: naar 100 m³/uur, scenario 3. Het ethyleengehalte tussen de bollen komt dan weer op 100 ppb. Wat ethyleen betreft is er bij de gemiddelde weersomstandigheden (buiten 15°C en een RV van 85%) en een celtemperatuur van 20°C, geen probleem. De RV tussen de bollen is optimaal (67%). In deze situatie loopt het temperatuurverschil tussen de minst en de meest beluchte kist echter op tot 0,82°C. Dat gebeurt niet meteen, maar dat duurt volgens berekeningen ongeveer 6 dagen, zie figuur 1.

Door toch wat meer te circuleren wordt dit voorkomen: met 165 m³/uur loopt het temperatuurverschil op tot maximaal 0,5°C, scena-

Tabel: Scenario's bij de bewaring. Veranderde omstandigheden of instellingen t.o.v. het vorige scenario zijn vet gedrukt. Energiekosten per dag zijn berekend voor een cel met 324 m³ bollen.

	Eenheid	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% zure bollen in de cel	%	5%	5%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
ademhaling	ml CO ₂ /uur/kg	10	10	10	10	10	40	40	40	40	40
ventilatie	m ³ /uur	100	100	20	20	28	28	28	100	28	94
circulatie	m ³ /uur	500	400	100	165	165	165	500	500	165	165
spreiding circulatie	%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	10%	10%
ethyleengehalte in de kist	ppb	100	104	100	94	71	71	65	24	71	31
meest beluchte kist	ppb	96	99	96	91	69	69	64	23	70	31
minst beluchte kist	ppb	111	117	111	100	78	78	67	26	72	33
CO ₂ tussen de bollen	ppm	457	460	745	721	636	1388	1290	673	1388	786
RV tussen bollen	%	64%	64%	67%	67%	66%	69%	69%	65%	69%	66%
ΔT meest en minst beluchte kist	°C	0,16	0,21	0,82	0,50	0,50	2,23	0,74	0,74	0,47	0,47
Circulatieventilatoren	€/dag	39	20	0,3	1,4	1,4	1,4	39	39	1,4	1,4
Opwarmen buitenlucht	€/dag	22	29	0	0	0,1	0	0	0	0	0,2
warmte afvoer/koelen	€/dag	0	0	4	4	0	33	45	9	33	0
totaal (incl. ventilatie ventilator)	€/dag	72	59	15	16	12	45	95	59	45	12

ΔT = temperatuurverschil



Figuur 1



Door goed te letten op aspecten als ethyleengehalte en RV is tijdens de bewaring op energie te besparen

rio 4. Vergeleken met de oorspronkelijke situatie (5% zure bollen, 100 m³/uur ventileren en 500 m³/uur circuleren) wordt dan nog fors op energie bespaard: 78%. Analyse van de energiekosten laat echter zien dat ongeveer een kwart van deze kosten toegerekend worden aan het afvoeren van warmte (koelen dus). Omdat de buitentemperatuur lager is dan de celtemperatuur, is het goedkoper om iets meer te ventileren en daarmee koelen te voorkomen, scenario 5: met 28 m³/uur wordt dit gerealiseerd en wordt er 83% op energie bespaard.

ADEMHALING

Achtergrond bij het oplopen van het temperatuurverschil tussen de minst en de meest beluchte kist is de warmte die vrijkomt bij de ademhaling. Bij een ongelijke luchtverdeling over de kisten wordt van de minst beluchte kist minder warmte afgevoerd dan van de meest beluchte kist. De temperatuur van de bollen loopt op tot het moment dat het temperatuurverschil tussen bollen en circulatielucht zo groot is, dat de hoeveelheid lucht die in een uur door de bollen stroomt (het circulatiedebiet) precies de ademhalingswarmte op kan nemen. De bollen in de minst beluchte kist worden daardoor warmer dan die in de meest beluchte kist.

Zijn de bollen net gepeld dan neemt door "stress" de ademhaling voor enkele dagen sterk toe tot wel een factor 4-5, scenario 6. Het gevolg is dat het temperatuurverschil tussen de minst en de meest beluchte kist sterk oploopt: binnen 3 dagen naar meer dan 2°C. Zelfs een circulatiedebiet van 500 m³/uur houdt dit temperatuurverschil niet onder de 0,5°C (het zakt wel van meer dan 2 naar 0,74°C), scenario 7. De bewaarkosten lopen nu weer op, vooral ook omdat er extra gekoeld moet worden. Door maximaal te ventileren hoeft er veel minder gekoeld te worden en nemen de kosten weer af, scenario 8. De periode van verhoogde ademhaling door stress van het pellen duurt ongeveer een week.

GELIJKMATIGER LUCHTVERDELING

Een andere benadering in het voorgaande geval is om de luchtverdeling te verbeteren. Is de spreiding in debiet door aanpassingen aan

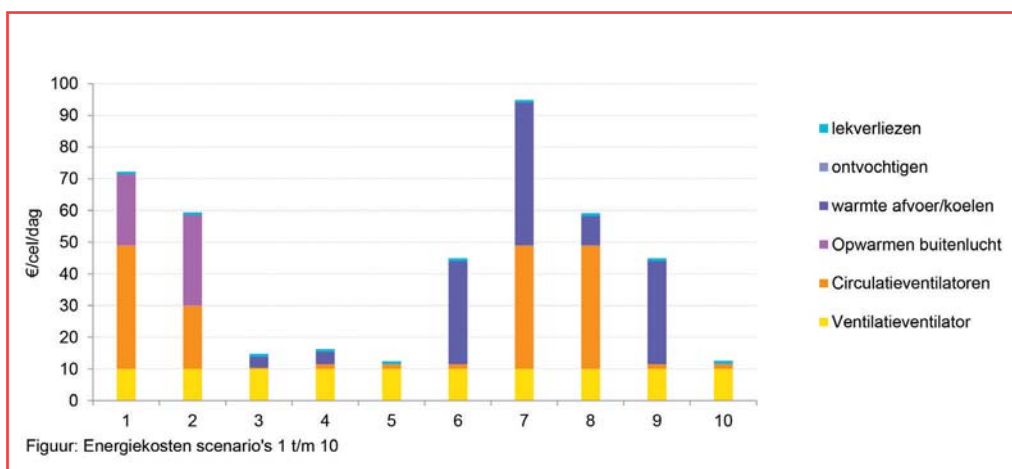
de systeemwand teruggebracht van 40% naar 10%, scenario 9, dan is het optoeren van de circulatie niet nodig en blijft het maximale temperatuurverschil tussen kisten onder de 0,5°C. Wel is het nodig het ventilatiedebiet op te voeren van 28 naar 94 m³/uur, scenario 10. Hiermee wordt koelen voorkomen en worden de kosten fors verlaagd.

SAMENVATTEND

Ethyleen, CO₂, RV en temperatuur zijn met sensoren continue en nauwkeurig te meten. De ventilatie, de circulatie en de verwarming\koeling zijn op basis van die metingen door de klimaatcomputer te sturen. Ventilatie- en circulatienormen zijn hierdoor overbodig geworden. Wat telt zijn de waarden van de schadedrempels waarop het bewaarklimaat gestuurd wordt. Met de juiste sturing (software en instellingen) wordt tegen de laagste energiekosten het beste bewaarklimaat gerealiseerd.

Het project

Het project State-of-the-Art bewaren van tulpenbollen is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door de partijen in de Stuurgroep Schone en Zuinige Bloembollen (KAVB, PT, Min. EZ, Agentschap NL en telers). Rapportages zijn te downloaden vanaf <http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/publicaties-agrosectoren>.



Resumé

Ethyleenproductie tijdens de bewaring was lange tijd niet nauwkeurig meetbaar. Volop lucht door de bollen heen blazen was het advies. Met de huidige technieken is dat niet altijd nodig, zo blijkt uit dit vierde artikel over het project State-of-the-art.