

Postbus 7001
6700 CA Wageningen
Agro Business Park 65
6708 PV Wageningen

Telefoon 0317 49 15 78
Fax 0317 46 04 00

www.delphy.nl

Energieverbruik diverse droogsystemen tulp

Worldwide Expertise for Food & Flowers



In opdracht van
KAVB Productgroep Tulp
Weeresteinstraat 10a
2181 GA

Datum
12 januari 2023

Projectnummer

Gefinancierd door
KAVB Productgroep Tulp

Versie
1

Uitgevoerd door
Delphy team Bloembollen
Weeresteinstraat 10
2181 GA Hillegom

De ideeën en voorstellen in dit document zijn, voorzover deze niet al vooraf door de opdrachtgever/financier zijn geformuleerd, eigendom van Delphy. Zonder schriftelijke toestemming van Delphy is het niet toegestaan om in welke vorm ook (delen van) dit document aan derden voor te leggen.

© Delphy, 12 januari 2023.

Inhoudsopgave

1 Inleiding en doel

2 Onderzoeksopzet

- 2.1 Uitgangspunten m.b.t. het onderzoek
- 2.2 Onderzoeksopzet

3 Resultaten per bedrijf

- 3.1 Sloffendrogen, blazend met gasverwarming
 - 3.1.1 Beschrijving van het systeem van drogen
 - 3.1.2 Berekening verbruik elektriciteit
 - 3.1.3 Energieverbruik voor het drogen per m³ bollen in MJ
 - 3.1.4 Voordelen van het systeem bij dit bedrijf
 - 3.1.5 Nadelen
- 3.2 Sloffendrogen, blazend met gasverwarming (propaan)
 - 3.2.1 Beschrijving van het systeem van drogen
 - 3.2.2 Vervolgstappen
 - 3.2.3 Energieverbruik
 - 3.2.4 Energieverbruik voor het drogen per m³ bollen in MJ
 - 3.2.5 Voordelen van het systeem volgens de ondernemer
 - 3.2.6 Nadelen
- 3.3 Sloffendrogen, blazend met gasverwarming en warme kaslucht
 - 3.3.1 Beschrijving van het systeem van drogen
 - 3.3.2 Energieverbruik voor het drogen per m³ bollen in MJ exclusief opgewarmde kaslucht
 - 3.3.3 Energieverbruik, omgerekend per m³ bollen in MJ inclusief omrekening opgewarmde kaslucht
 - 3.3.4 Voordelen van het systeem
- 3.4 Sloffendrogen, zuigend met condensdroger en warme kaslucht
 - 3.4.1 Beschrijving van het systeem van drogen.
 - 3.4.2 Werkwijze
 - 3.4.3 Energieverbruik voor het drogen/korte nadrogen per m³ bollen in MJ exclusief energie van de opgewarmde kaslucht
 - 3.4.4 Energieverbruik, omgerekend per m³ bollen in MJ inclusief omrekening energie voor opgewarmde kaslucht.
 - 3.4.5 Voordelen van het systeem
 - 3.4.6 Nadelen
- 3.5 Sloffendrogen, zuigend met warmtepomp
 - 3.5.1 Beschrijving van het systeem van drogen
 - 3.5.2 Warmtepomp

- 3.5.3 Energieverbruik, omgerekend per m³ bollen in MJ
- 3.5.4 Voordelen van het systeem
- 3.5.5 Nadelen
- 3.6 Bandendroger met condensdroger, nadrogen met gas
- 3.6.1 Beschrijving van het systeem van drogen
- 3.6.2 Energieverbruik voor het drogen per m³ bollen in MJ
- 3.6.3 Voordelen van het systeem
- 3.6.4 Nadelen
- 3.7 Vergelijking energieverbruik verschillend systemen
- 3.8 Samenvatting van onderzoek naar vacuümdrogen
- 3.8.1 Resultaten vacumeren
- 3.8.2 Ingeschat energieverbruik vacuümdrogen tulp

4 Conclusies en aanbevelingen

- 4.1 Conclusies
- 4.2 Aanbevelingen

1 Inleiding en doel

Voor het drogen van tulpenbollen zijn in de praktijk meerdere methoden in gebruik. Door de hoge energieprijzen is binnen de Productgroep Tulp van de KAVB de vraag ontstaan welke energiebehoefte de verschillende droogmethoden hebben. Het doel van dit onderzoek is om uiteindelijk aan te kunnen geven welke methode het meest energie-efficiënt is.

Vanuit de productgroep Tulp zijn de volgende droogmethoden met daarbij behorende bedrijven aangegeven die ze graag met elkaar willen laten vergelijken:

- Sloffendrogen, blazend met gasverwarming
- Idem maar dan met gebruik van warme kaslucht
- Sloffendrogen, zuigend met hergebruik warmte en afvoer van slechtste lucht en warmtepomp
- Drogen zuigend met condensdroger en warme kaslucht
- Bandendrogen met condensdroger
- Vacuümdrogen; omdat dit in de praktijk niet wordt toegepast, zal deze methode worden uitgewerkt aan de hand van al bekend onderzoek.

De vragen met betrekking tot elk van de systemen zijn:

- Wat is energieverbruik aan ventilatorvermogen in kWh
- Energieverbruik verwarming/ontvochtiging in kWh of m³ gas
- Specifiek per methode voor- en/of nadelen.

Uiteindelijk wordt voor elk systeem aangegeven wat het energieverbruik is in m³ gas en kWh elektra per palletkist als op alle praktijkbedrijven bij de methoden dezelfde kistmaten in gebruik zijn en daarnaast ook aangegeven per m³ bollen.

2 Onderzoeksopzet

2.1 Uitgangspunten m.b.t. het onderzoek

Het belangrijkste uitgangspunt is om tot een vergelijking te komen voor de verschillende systemen op praktijkniveau aan de hand van hetgeen aan informatie voorhanden is op de bedrijven. Het gaat hierbij niet om het echte opgenomen vermogen, hiervoor zouden veel meters noodzakelijk zijn, die tijdens het droogproces zouden moeten worden ingezet, maar een "ruwe" indicatie van het verbruik aan de hand van de opgegeven vermogens van de ventilatoren/motoren, de mate van belasting en een indicatie van het (eventueel) gasverbruik en elektraverbruik. Hierbij moet in het algemeen worden opgemerkt dat het jaar 2022 zowel wat betreft het rooien als de droogomstandigheden een gunstig jaar was wat betreft het energieverbruik voor het drogen.

Let wel: de manier van drogen bij de bedrijven verschilt nogal. Soms is het mogelijk om de energie voor de opwarming van de lucht voor het drogen er wel exact uit te halen, bij andere bedrijven is dit moeilijk. Het energieverbruik is berekend inclusief het elektra verbruik van de ventilatoren, die gedurende de rooiperiode draaien.

Het effect van het trekken van bijv. opgewarmde kaslucht is apart weergegeven. Voor het onderzoek is het energieverbruik genomen gedurende de periode van rooien + 2 dagen.

Wat betreft het energieverbruik zuiver voor het opwarmen van de lucht bij de bedrijven hebben we een concessie gedaan. We hebben dit energieverbruik genomen inclusief de energie voor het nadrogen (bijv. na het pellen) en het bewaren van de tulpenbollen gedurende de hierboven omschreven periode van rooien + 2 dagen.

Wat betreft het verbruik aan elektriciteit voor de ventilatoren tijdens het echte droog + nadroogproces is het verbruik berekend aan de hand van het geïnstalleerde vermogen van de ventilatoren, het aantal draaiuren en de instelling bij de frequentieregelaars.

Waarom is in het onderzoek niet het volledige elektriciteitsverbruik van het bedrijf gedurende de bovengenoemde rooiperiode + 2 dagen genomen?

Antwoord: door het relatief grote verbruik aan elektriciteit door heftrucks, verwerkingslijnen, ventilatoren voor het verder drogen en bewaren, komt er volgens ons een te grote verwatering van de berekening naar voren.

We zijn van mening, dat de hierboven omschreven benadering nauwkeuriger is voor de onderlinge vergelijking.

2.2 Onderzoeksopzet

De onderzoeksopzet omvat de volgende stappen:

- Bedrijfsbezoeken per droogmethode; in totaal ging het daarbij om zes verschillende bedrijven. Vier bedrijven zijn gelegen in West-Friesland, 1 bedrijf in de Noordoostpolder en 1 bedrijf op Goeree-Overflakkee.
- Bedrijven zijn met behulp van een vragenlijst geïnterviewd over de droogmethode, werkwijze en energieverbruik.
- Uitwerking en berekening per bedrijf van het energieverbruik in elektra en gas per methode.
- Uitwerking resultaten en conclusies in rapportage.

3 Resultaten per bedrijf

Algemene uitgangspunten gelden voor alle deelnemende bedrijven, zie 2.1 voor de eerder genoemde uitgangspunten van het project. Met name over de opmerkingen betreffende de berekening van elektriciteit en gas gedurende de oogstperiode + 2 dagen! De voor- en nadelen van de systemen die zijn benoemd, zijn de voor- en nadelen volgens de telers.

3.1 Sloffendrogen, blazend met gasverwarming

3.1.1 Beschrijving van het systeem van drogen

- Het bedrijf teelt 50 ha tulp, gecombineerd met akkerbouw.
- Er wordt gedroogd met drukwanden met een sloffensysteem.
- Op iedere rij à 9 palletkisten (van 1200 liter) staat een ventilator, capaciteit 3 kW, waarbij de eerste droogtijd 24 uren is. Daarna gaan de bollen voor een andere wand om gedurende 24 uren te drogen. Hierbij staan dan 30 palletkisten voor een wand met een ventilator van 2,2 kW.
- Het gasverbruik is 9,1 m³ per palletkist. Dit is 7,6 m³ per m³ bollen.
- De rooiperiode in 2022 was van 24 juni t/m 12 juli.

3.1.2 Berekening verbruik elektriciteit

De droging is 24 uur per 9 palletkisten met een ventilator van 3 kW

De nadroging is 24 uur per 30 palletkisten met een ventilator van 2,2 kW.

Berekening:

24 X 3 = 72 kWh, dit is per palletkist 8 kWh

24 x 2,2 = 53 kWh, dit is per palletkist 1,8 kWh

Het verbruik aan elektriciteit is 9,8 kWh per palletkist = 8,2 kWh per m³ bollen.

3.1.3 Energieverbruik voor het drogen per m³ bollen in MJ

Om een juiste vergelijking te maken van de hoeveelheid energie wordt alles omgerekend naar MJ.

Berekening

	Eenheid	hoeveelheid	x factor	in MJ
Aardgas	m ³	7,6	35,17	267,1
Elektriciteit	kWh	8,2	3,6	29,5
Totaal				296,5 MJ per m³ bollen
Per palletkist is dit dan 356 MJ.				

3.1.4 Voordelen van het systeem bij dit bedrijf

- Snelle eerste droging.
- Mogelijkheid om ook andere producten in andere maat palletkisten te drogen

3.1.5 Nadelen

- Hoog verbruik aan gas.

3.2 Sloffendrogen, blazend met gasverwarming (propaan)

3.2.1 Beschrijving van het systeem van drogen

- Dit bedrijf teelt meer dan 100 ha tulpen. Daarnaast heeft het een akkerbouwtak.
- De bollen worden gerooid in kippers en gaan daarna over de rollensorteerder, waarbij < zift 10 wordt gescheiden van > zift 10.
- De rooiperiode was van 16 juni 2022 t/m 8 juli 2022.
- Bij de bollen < zift 10 worden halfvolle palletkisten voor de droging gezet. Bij de bollen > zift 10 zijn de palletkisten vol. Per ha zijn er in 2022 gemiddeld na de rollensorteerder 45 palletkisten > zift 10 en 27 palletkisten < zift 10, dit betekent 13 volle palletkisten, totaal dus 58 palletkisten bollen per ha.
- Er wordt gedroogd met een sloffensysteem, waarbij ook via kieren in de bodem lucht wordt aangevoerd. Gemiddeld staan er 13 palletkisten van 120 x 150 x 92 (1200 liter) voor één ventilator à 4 kW op vol vermogen gedurende 24 tot 30 uren bij de bollen > zift 10 en 48 uren bij de bollen < zift 10.
- Gemiddeld is in 2022 een hoeveelheid van 1080 liter propaan per ha verbruikt.

N.B. in het weekeinde staan de palletkisten langer op de sloffen en wordt de ventilator teruggetoerd.

De warmte wordt geleverd door een direct gestookte warmtebron op propaan, capaciteit 80.000 kcal, bij iedere ventilator.

3.2.2 Vervolgstappen

Na het drogen vindt koudstomen plaats gedurende 6 uren, waarna wordt gepeld. Daarna volgt het terugdrogen en het afleveren van de leverbare bollen. De leverbare bollen worden binnen 1 week afgeleverd, dit houdt in dat er geen leverbare bollen worden bewaard, zoals op bedrijven met bijv. eigen broei wel gebeurt.

3.2.3 Energieverbruik

In het jaar 2022 is 18,6 liter propaan per palletkist = 15,5 liter propaan per m³ bollen verbruikt voor het hierboven omschreven proces van drogen.

Dit in inclusief nadrogen gedurende de oogstperiode + 2 dagen.

Dit systeem heeft een grote warmtecapaciteit.

Indicatie van het verbruik aan elektriciteit van de drukventilatoren en de heaterventilatoren gedurende de rooiperiode + 2 dagen. Omgerekend komt dit verbruik op 15,5 kWh per palletkist en op 13 kWh per m³ bollen.

3.2.4 Energieverbruik voor het drogen per m³ bollen in MJ

Om een juiste vergelijking te maken van de hoeveelheid energie wordt alles omgerekend naar MJ.

Berekening

	Eenheid	hoeveelheid	x factor	in MJ
Aardgas	m ³		35,17	
Elektriciteit	kWh	13	3,6	47
Propaan	liter	15,5	25,1	<u>389</u>
Huisbrandolie	liter		35,7	
Totaal				436 MJ per m³ bollen
Dit is per palletkist 523 MJ per palletkist				

3.2.5 Voordelen van het systeem volgens de ondernemer

- Leverbare bollen zijn binnen één week van het bedrijf af
- Combinatie mogelijk met drogen/bewaren van uien.
- N.B. 30% van de wanden staat buiten. Deze palletkisten zijn 2 uren eerder droog.

3.2.6 Nadelen

- Energieverbruik.

3.3 Sloffendrogen, blazend met gasverwarming en warme kaslucht

3.3.1 Beschrijving van het systeem van drogen

- Het bedrijf teelt ongeveer 40 ha tulpen en heeft een eigen broeierij.
- Er wordt gedroogd met drukwanden met een tweelaagssysteem in combinatie met drogen met warme kaslucht.
- Op iedere rij à 12 palletkisten staat een centrifugaalventilator, capaciteit 4 kW. Gedroogd wordt bij 80%, opname dan 2 kW per uur. Droogtijd 12 uren bij 80% en 36 uren nadrogen bij 70% capaciteit, opname dan 1,3 kW per uur.
- Palletkisten 150 x 120 x 92 cm, incl. 17 cm pallet.
- Drogen met kaslucht, inschatting 50%. Hierbij uit de grafieken gehaald: gemiddeld van 10.00 uur tot 22.00 uur. Lucht uit de kas naar de plukhal en van daar naar de ventilatoren van de drukwanden.
- Totaal aangesloten voor het drogen: 17 wanden, waarvan 14 gebruik kunnen maken van de opgewarmde kaslucht.
- Lucht uit een kas van 3.000 m² en een plukhal van 2.500 m², die a.h.w. als buffer fungeert.
- Maximaal 15% van de bollen worden gespoeld, meestal < zift 7.

Zoals hierboven vermeld, is 50% van de benodigde energie voor het opwarmen van de lucht voor 14 wanden afkomstig uit de kas. Voor de totale 17 drukwanden is dit dan 41%. De resterende 50% wordt geleverd door een gasgestookte ketel.

In het jaar 2022 is 5,25 m³ gas per palletkist = 4,37 m³ gas per m³ bollen verbruikt voor het hierboven omschreven proces van drogen. Dit is inclusief nadrogen.

3.3.2 Energieverbruik voor het drogen per m³ bollen in MJ exclusief opgewarmde kaslucht

Om een juiste vergelijking te maken van de hoeveelheid energie wordt alles omgerekend naar MJ

Berekening

	Eenheid	hoeveelheid	x factor	in MJ
Aardgas	m ³	4,37	35,17	154
Elektriciteit	kWh	5	3,6	<u>18</u>
Totaal				dit is 172 MJ per m³ bollen
Dit is 206 MJ per palletkist				

Voor de omrekening van de energie, die uitgespaard wordt door de opgewarmde kaslucht, kunnen we onderstaande berekening gebruiken. We gaan ervan uit, dat de opwarming van de "overige" lucht gebeurt met aardgas.

Aandeel kaslucht is bij dit bedrijf in 2022: 41%.

Indien aardgas zou zijn gebruikt voor het opwarmen van de lucht die nu uit de kas komt: bovengenoemde aantal m³ kaslucht is 41%. Dit percentage is incl. de wanden die geen kaslucht trekken.

3.3.3 Energieverbruik, omgerekend per m³ bollen in MJ inclusief omrekening opgewarmde kaslucht

De hoeveelheid aardgas voor de opwarming indien er geen opgewarmde kaslucht zou zijn is dan de hoeveelheid verbruikt aardgas gedeeld door 59 en vermenigvuldigd met 41. Eerst hieronder de berekening zoals hierboven en daarna de berekening incl. de berekenende energie voor de kaslucht.

	Energie eenheid	energie per m ³ bollen	x factor	in MJ
Aardgas	m ³	4,37	35,17	154
Elektriciteit	kWh	5	3,6	<u>18</u>
Totaal situatie, dus met gebruikmaking kaslucht			172 MJ per m³ bollen	

Dit is dan per palletkist 206 MJ.

Dit is in deze opstelling voor de werkelijke situatie voor de vergelijking.

Voor omrekening opgewarmde kaslucht

	eenheid	m ³ bollen	x factor	in MJ
Indien aardgas	m ³	3	35,17	106
Totaal				278

Dit zou dan per palletkist 334 MJ zijn.

Van het totale energieverbruik wordt door de opgewarmde kaslucht $106 : 2,78 = 38\%$ bespaard.

3.3.4 Voordelen van het systeem

- Gebruikmaken van relatief veel warmte uit de kas.
- Regeling ventilatoren

3.4 Sloffendrogen, zuigend met condensdroger en warme kaslucht

3.4.1 Beschrijving van het systeem van drogen.

- Het bedrijf teelt 27 hectare en heeft een eigen broeierij.
- Systeem: DRY+ Climate, een warmtepomp voor koelen/verwarmen/ontvochtigen m.b.v. elektriciteit.
- Hiervoor worden op dit bedrijf een grote en een kleine unit gebruikt voor het drogen van 72 palletkisten van 150 x 120 x 92 cm per keer. De inhoud van een palletkist (pk) is 1200 liter.

- Op een "normale" zomerse (zonnige) is dag is er voldoende warme kaslucht van ongeveer 11.00 uur tot 19.00 uur.
- De droogwanden werken volgens een zuigend systeem met sloffen.

N.B. Dit bovengenoemde systeem wordt gebruikt voor de helft van de totale hoeveelheid te drogen bollen.

De andere helft wordt gedroogd met behulp van een ouder systeem met "losse onderdelen", dat enkele jaren geleden al is geperfectioneerd. De wijze van drogen is in principe hetzelfde als bij het hierboven omschreven systeem. We gaan hierbij uit van hetzelfde energieverbruik voor beide systemen.

Hieronder volgt de berekening voor 72 palletkisten, dus de helft van het aantal palletkisten bij de droging. Dit maakt voor de berekening van het energieverbruik per palletkist of m³ bollen niet uit.



Foto 1: Drogen met warme kaslucht

3.4.2 Werkwijze

De werkwijze is als volgt: de palletkisten worden op 4 tijdstippen voor de droogwand geplaatst.

Plaatsing palletkisten voor de droogwand:

Vracht	tijdstip	uren gebruik van opgewarmde kaslucht	uren DRY+Climate
1 ^e	12.00	8	16
2 ^e	15.00	8	16
3 ^e	18.00	8	16
4 ^e	21.00	10	14
Gemiddeld (afgerond)		8	16

Dit houdt in, dat ongeveer 33% van de energie voor het opwarmen van de lucht wordt geleverd door de kas.

Hoe lang is de droogtijd?

De droogtijd is 24 uren na het plaatsen van de palletkist.

Hoe lang is de zuivere droogtijd?

De zuivere droogtijd is 24 uren per wand (ventilator). Inclusief nadrogen is dit 40 uren. Per shift van 72 palletkisten is de droogtijd i.v.m. het inzetten op verschillende tijdstippen dan 26 uren. Dit betekent dat de aanvoer van opgewarmde lucht m.b.v. de DRY + Climate 26 uren is per shift. Hierbij is het elektriciteitsverbruik voor de koeling in de DRY + Climate 26 uren $\times 37,5 \text{ kW} = 975 \text{ kWh}$.

De ventilatie hierbij is (toerengeregeld) 19,1 kW per uur. Dit is 26 uren $\times 19,1 = 497 \text{ kWh}$.

De overige tijd draait de DRY+ zonder gebruik te maken van de koeling op 50%. Dit zijn dan 14 uren $\times 11,25 \text{ kW} = 158 \text{ kWh}$.

Opgeteld per shift is het elektriciteitsverbruik voor het drogen/ korte nadrogen van 72 palletkisten: 1630 kWh.

Dit is 22,6 kWh per palletkist = 18,9 kWh per m³ bollen = 68 MJ per palletkist ofwel 82 MJ per m³ bollen.

Dit is dus excl. de energie van de opgewarmde kaslucht.

N.B. Zonder gebruik te maken van de opgewarmde kaslucht zou het koelgedeelte van de DRY+ dus voor de droging per shift van 72 palletkisten, 14 uren extra draaien $\times 37,5 \text{ kW} = 525 \text{ kWh}$. De extra energie voor de ventilatie zou dan $14 \times (19,1 - 11,25) = 110 \text{ kWh}$ zijn. Totaal daarmee 635 kWh extra. Per palletkist is dit dan $8,8 \text{ kWh} = 7,4 \text{ kWh per m}^3$ bollen. **Dit is 27 MJ per m³ bollen of 32,5 MJ per palletkist.**

Hoewel we bij dit bedrijf de energie voor de zuivere opwarming van de lucht voor het korte drogen kunnen berekenen, zoals hierboven is aangegeven, tellen we toch wat gasverbruik bij om het met de andere bedrijven te kunnen vergelijken gedurende de gehele oogstperiode + 2 dagen.

Bij dit bedrijf is geen gas nodig voor opwarming van de lucht voor het eerste droogproces en korte nadrogen, maar wel voor het verdere nadrogen en bewaren, hier berekend gedurende de gehele oogstperiode + 2 dagen.

3.4.3 Energieverbruik voor het drogen/korte nadrogen per m³ bollen in MJ exclusief energie van de opgewarmde kaslucht

Om een juiste vergelijking te maken van de hoeveelheid energie wordt alles omgerekend naar MJ.

Berekening

	Eenheid	hoeveelheid	x factor	in MJ
Aardgas	m ³	3,52	35,17	124
Elektriciteit	kWh	18,9	3,6	68
Totaal				192 MJ per m³ bollen
Dit is per palletkist 230 MJ.				

Voor de omrekening van de energie, die uitgespaard wordt door de opgewarmde kaslucht kunnen we onderstaande berekening gebruiken.

Aandeel kaslucht bij dit bedrijf is 33%.

Berekening voor deze 33%:

In de praktijksituatie is 2/3 van de lucht voor het drogen bereikt via de DRY+ Climate. Hiervoor is 20 kWh/m³ bollen verbruikt.

Zonder gebruik te maken van de opgewarmde kaslucht zou het koelgedeelte van de DRY+ (zoals hierboven bij N.B. al aangegeven) dus voor de droging per shift van 72 palletkisten, 14 uren extra draaien x (37,5 + 7,85) kW = 635 kWh. Per palletkist is dit dan 8,8 kWh = **7,4 kWh per m³ bollen**.

3.4.4 Energieverbruik, omgerekend per m³ bollen in MJ inclusief omrekening energie voor opgewarmde kaslucht.

Berekening

	Energie eenheid	energie per m ³ bollen	x factor	in MJ
Aardgas	m ³	3,52	35,17	124
Elektriciteit	kWh	18,9	3,6	68
Elektriciteit	kWh	7,4	3,6	<u>27</u>
Totaal situatie, dus met opgewarmde kaslucht			219 MJ per m³ bollen	
Dit is per palletkist in de geschetste situatie 263 MJ.				

Van het totale energieverbruik in de rooiperiode + 2 dagen wordt door de opgewarmde kaslucht 27 : 2,19 = ruim 12% bespaard.

3.4.5 Voordelen van het systeem

- Energiebesparing en een beter product voor de condensdroger.
- Condensdroger ook te gebruiken in de kas bij het produceren van tulpenbloemen
- Door combinatie met opgewarmde kaslucht: energiebesparing.
- Gelijmatige droging in de palletkist door zuigsysteem.

3.4.6 Nadelen

- Investeringsen zijn hoog maar door de combinatie met het gebruik van de condensdroger in de kas bij de productie van de tulpenbloemen, worden de investeringen sneller terugverdiend.

3.5 Sloffendrogen, zuigend met warmtepomp

3.5.1 Beschrijving van het systeem van drogen

- Het betreffende bedrijf teelt circa 100 ha tulpen en heeft een eigen broeierij.
- Er wordt gedroogd door 10 palletkisten van 150 x 120 x 92 voor een droogwand (zuigsysteem) te plaatsen.
- Voor het drogen vindt geen bewerking plaats van de tulpenbollen.

- In een grote ruimte hangen 2 x 4 grote “verdampers”. Deze kunnen maximaal 1200 kW warmte leveren. In totaal zijn er 36 wanden met ventilatoren van 4 kW.
- Iedere wand wordt apart gemeten zowel wat betreft RV als temperatuur.
- De ventilatoren van de droogwanden trekken lucht uit de grote ruimte, waarin naar een temperatuur van 28 tot 32°C wordt gestreefd bij een RV van 50%. Indien deze RV teveel zakt omdat de tulpenbollen droger worden, zakt de temperatuur iets om de RV wat omhoog te brengen. Als de RV hoger wordt, zal de ruimtetemperatuur dichterbij de 32°C komen te liggen.
- Bij iedere droogwand (36 stuks) kan apart de temperatuur en de RV worden gemeten. Bij een hoge RV wordt deze lucht bij de betreffende wand afgevoerd. Verse lucht (voor aanvulling) wordt dan via de nok aangezogen.
- Door het afvoeren van alleen zeer vochtige lucht (en dus niet alle lucht van alle ventilatoren in de drukwanden) wordt gebruikt gemaakt van veel interne lucht uit de grote ruimte. Van de 36 wanden wordt dan lucht afgevoerd van een beperkt aantal, meestal niet meer dan 3 tot 5 wanden (ventilatoren).

Indien bij een wand de RV < 60% daalt, gaat het aantal m³ lucht per ventilator terug naar 80%, vaak is dit na een echte droogtijd van 12 tot 14 uren en een nadroogtijd van 24 uren. Bij deze relatief hoge temperatuur in combinatie met een streef RV van 50% is sprake van intensief drogen. Als de RV teveel zakt, zou dit te agressief zijn bij handhaving van de hoge temperatuur van 32°C.



Foto 2: Zuigend drogen met interne circulatielucht

3.5.2 Warmtepomp

De opwarming van de lucht gebeurde eerst met het verbruiken van gas. Sinds afgelopen zomer gebeurt de opwarming van de lucht niet meer met gas, maar elektrisch m.b.v. een warmtepomp. De warmtepomp heeft een COP van 3,5 tot 4,5. Een berekening van het verbruik van elektriciteit door de warmtepomp is 140.000 kWh, dit is 26 kW per palletkist. Deze berekening is voortgekomen uit de vergelijking van het verbruik per palletkist in 2020, toen er dus nog geen warmtepomp was. Er is gekozen voor een vergelijking met het jaar 2020, omdat door een storing het verbruik in de gewenste periode van 2021 niet te bepalen is.

Indicatie van het verbruik aan elektriciteit van de ventilatoren.

Zoals hierboven beschreven zijn de ventilatoren van de drukwanden 4 kW. Deze draaien volop in de periode van 12 tot 14 uren met intensief drogen, gemiddeld 13 uren. Daarnaast is er een nadroogperiode van 24 uren, waarbij de ventilatoren meestal 80% luchttopbrengst geven, dit komt overeen met een verbruik van de ventilator van 2 kW per uur.



Foto 3: Warmtepomp

3.5.3 Energieverbruik, omgerekend per m³ bollen in MJ

Om een juiste vergelijking te maken van de hoeveelheid energie wordt alles omgerekend naar MJ. Voor deze berekening wordt eerst het aantal palletkisten of m³ bollen per "droogeenheid" berekend.

Droogeenheid is bij dit bedrijf: 10 palletkisten à 1,2 m³ = 12 m³ bollen.

Voor de berekening per m³ bollen daarom delen door 12.

14 uren à 4 kW = 56 kW

24 uren à 2 kW = 48 kW

38 uren verwarmers à 30* kW/36 = 32 kW

(Ventilatoren van verwarmers)

Subtotaal = 136 kW

Opgenomen vermogen voor warmte

per 10 palletkisten 259 kW

Dan totaal per wand 395 kW, voor 12 m³ bollen (= 33 kWh per m³)

- Ventilatoren draaien niet constant op volle capaciteit.

Voor de vergelijking met de andere bedrijven wordt de energie omgerekend naar MJ.

Berekening

	Energie eenheid	energie per m ³ bollen	x factor	in MJ
Aardgas	m ³	0	35,17	
Elektriciteit	kWh	33	3,6	119
Totaal				119 MJ per m³ bollen
Per palletkist is dit 143 MJ.				

3.5.4 Voordelen van het systeem

- Laag energieverbruik door mogelijkheid gebruik warmtepomp
- Korte droogtijd
- Intensief nadrogen
- Cel voor meerdere doeleinden te gebruiken, bewaring bollen, koelcel bloemen.

3.5.5 Nadelen

- Onderdruk in de hal. Daardoor trek indien er een deur opengaat. Kan dan ongelijke temperatuurverdeling komen. Oplossing is actief lucht inblazen om onderdruk op te heffen.
- Maatwerk software, dus nog geen standaard bewezen pakket. Wel mogelijkheden tot maatwerk door veel regelen.

Openstaande vragen:

- Wat is de juiste droogtemperatuur in de ruimte?
- Optie tot actief ontvochtigen (nog niet berekend).

3.6 Bandendroger met condensdroger, nadrogen met gas

3.6.1 Beschrijving van het systeem van drogen

- Het bedrijf teelt 60 hectare tulp.
- Bij dit bedrijf wordt gedroogd met een droogtoeren, met gebruikmaking van een condensdroger (DRY+ Climate).
- De tijd in de droogtoeren is 0,5 uur bij normaal vochtige bollen tot 1 uur bij natgeregende en/of vuile bollen.

- Vanaf de droogtoren worden de in palletkisten opgevangen bollen voor een droogwand geplaatst i.v.m. nadrogen.
- Na het nadrogen volgt 1 nacht in de stoomcel, daarna pellen.
- Voordat de palletkisten voor het nadrogen voor de drukwand worden geplaatst is het aantal t.o.v. van het aantal na het rooien gereduceerd met ongeveer 30%. Er staan derhalve minder palletkisten voor de drukwand bij het nadrogen. Dit scheelt dus in aantal palletkisten (ook minder huur) en schuurruimte.
- De palletkisten staan voor een drukwand, gedurende 2 dagen i.v.m. het nadrogen. De opwarming gebeurt hier met een gasgestookte ketel.

N.B. na de droogtoren is het aantal palletkisten geslonken bijv. van 10 naar 7.

Uitleg werkwijze droogtoren

Op het bedrijf wordt gedroogd in een droogtoren met 19 boven elkaar geplaatste banden met een breedte van 1,50 m en een lengte van 10 m. De ruimte tussen de banden is 10 cm. Voor dit aantal banden en de lengte is gekozen i.v.m. de ruimte waar de constructie is gemaakt. Door de beperkte lengte van de banden en de diameter van de aandrijfrollen is de dikte beperkt, waardoor de valhoogte van band naar band beperkt is.

Er zou ook kunnen worden gekozen voor een lengte van bijv. 15 m, waarbij de spanning van de banden door 2 motoren (zoals nu gebruikt) waarschijnlijk nog goed zou zijn. Een vraag is of ook de diameter van de aandrijfrollen dan groter zou moeten zijn, waarbij de valhoogte weer groter is. De bollen worden vanuit de palletkisten via een elevator naar de bovenste band gevoerd, waarbij de bollen in een dunne laag op de band komen te liggen. Drie boven elkaar geplaatste ventilatoren zorgen ervoor, dat over alle banden redelijk gelijkmatig lucht wordt gevoerd.

De bollen vallen van band naar band en worden na het drogen, d.w.z. na een half uur tot drie kwartier (à 1 uur) gezeefd en op grootte gesorteerd.



Foto 4: Drogen op banden

Condensdroger

In het jaar 2022 is de condensdroger in gebruik genomen en is 7,2 m³ gas per palletkist (gerekend aantal palletkisten na het rooien) = 6 m³ gas per m³ bollen verbruikt voor het hierboven omschreven proces van nadrogen.

N.B. zoals eerder al aangegeven is bij het berekenen van de hoeveelheid warmte gerekend voor de gehele oogstperiode + 2 dagen.

In het jaar 2021 is $10,85 \text{ m}^3$ gas per palletkist = 9 m^3 per m^3 bollen met hergebruik lucht.

In het jaar 2020 is $15,3 \text{ m}^3$ gas per palletkist = $12,75 \text{ m}^3$ per m^3 bollen.

Het jaar 2020 was een "probeerjaar" met droging op traditionele wijze vandaar dat het gasverbruik toen hoger lag.

Wat is het verbruik aan elektriciteit voor het drogen + korte nadrogen?

3 ventilatoren bij de droogunit à $2,3 \text{ kW} \times 14 \text{ uren per dag} \times 26 \text{ dagen} = 2.512 \text{ kWh}$

Condensdroger $37 \text{ kW} \times 14 \text{ uren per dag} \times 26 \text{ dagen} = 13.468 \text{ kWh}$.

Bandmotoren $38 \times 0,75 \times 14 \text{ uren} \times 26 \text{ dagen} = 10.374 \text{ kWh}$.

Totaal zijn dit $26.354 \text{ kWh} = 10 \text{ kWh}$ per ingezette palletkist na het rooien.

N.B. na de droogtoeren is het aantal palletkisten geslonken bijv. van 10 naar 7.

Voor het nadrogen: $48 \text{ uren} \times 1,6 \text{ kW}$ per gemiddeld 27 palletkisten = $2,84 \text{ kW}$ per palletkist.

Het aantal palletkisten bij het nadrogen is 1850. Het totale energieverbruik van de ventilatoren bij het nadrogen is 5254 kWh .

Totaal is er in 2022 voor de bovengenoemde processen 31.600 kWh verbruikt.

Omgerekend per palletkist na het rooien is dit: 12 kWh . Dit is per m^3 : 10 kWh .



Foto 5: Condensdroger

3.6.2 Energieverbruik voor het drogen per m^3 bollen in MJ

Om een juiste vergelijking te maken van de hoeveelheid energie wordt alles omgerekend naar MJ.

Berekening

	Eenheid	hoeveelheid	x factor	in MJ
Aardgas	m ³	6	35,17	211
Elektriciteit	kWh	10	3,6	36
Totaal				247 MJ per m³ bollen

Dit is per palletkist 296 MJ.

3.6.3 Voordelen van het systeem

- Zeer snelle eerste droging, variatie van half uur tot 1 uur (bij extreme omstandigheden).
- Gelijkmatische droging.
- Gebruik van recirculatielucht.
- Bollen, die geroooid zijn, dezelfde dag drogen.
- Spoelen van leverbare bollen is echt nooit nodig, dus het zuurprobleem speelt minder.
- Meeste profijt van snelle, gelijkmatige droging in een jaar met slechte omstandigheden, zowel wat rooien als drogen betreft.
- Scheelt veel schuurruimte bij nadrogen omdat na de droogtoren het aantal palletkisten sterk reduceert. Indicatie: van 10 naar 7 palletkisten.
- Bovendien bij het nadrogen veel palletkisten voor de wand, nl. 30 stuks.
- Korte periode tot pellen mogelijk, geen scherpe gronddeeltjes, geen wondjes hierdoor.
- Totale droogproces korter dan voorheen.

3.6.4 Nadelen

- Toch nog relatief veel gas nodig.
- Wisseling cultivar: wat extra tijd voor controle of alles leeg is, door de valbrekers bij de banden. Globaal: aan de uiteinden van de banden: 2 personen à 0,5 uur.
- Opmerking teler: ook tijd kwijt bij andere systemen als er een cultivarwissel is.

3.7 Vergelijking energieverbruik verschillend systemen

Het energieverbruik van de verschillende systemen is naast elkaar gezet, met en zonder het gebruik van warme kaslucht om de vergelijking zuiver te houden. Nogmaals de algemene uitgangspunten gelden voor alle deelnemende bedrijven, zie 2.1 voor de eerder genoemde uitgangspunten. Met name over de opmerkingen betreffende de berekening van elektriciteit en gas gedurende de oogstperiode + 2 dagen!

Hierbij moet in het algemeen worden opgemerkt dat het jaar 2022 zowel wat betreft het rooien als de droogomstandigheden een gunstig jaar was wat betreft het energieverbruik voor het drogen!

In onderstaande tabel is zowel de energie per palletkist als per m³ bollen weergegeven. De deelnemers hadden alle toevallig dezelfde maat palletkist, inhoud 1200 liter. De energie per m³ is weergegeven voor telers, die een ander maat palletkist hebben.

Tabel 1: Energieverbruik per droogstelsel, exclusief en inclusief warme kaslucht

Bedrijfsstelsel	Per m ³ bollen	Per palletkist	Per m ³ bollen incl. warme kaslucht	Per palletkist incl. warme kaslucht
3.1 Sloffendrogen, gasverwarming	296,5 MJ	356 MJ		
3.2 Sloffendrogen, blazend + gasverwarming (propaan)*	436 MJ	523 MJ		
3.3 Sloffendrogen, blazend + warme kaslucht + gasverwarming	278 MJ	334 MJ	172 MJ	206 MJ
3.4 Sloffendrogen, zuigend + warme kaslucht + condensdroger	219 MJ	263 MJ	192 MJ	230 MJ
3.5 Sloffendrogen, zuigend met warmtepomp	119 MJ	143 MJ		
3.6 Bandendroger + condensdroger + nadrogen met gas	247 MJ	296 MJ		

*Dit stelsel heeft een grote warmtecapaciteit. Om misverstanden te voorkomen: dit is niet omdat er propaan wordt verbruikt.

3.8 Samenvatting van onderzoek naar vacuümdrogen

In het verleden is er een oriënterend onderzoek gedaan door PPO Bloembollen in Lisse naar het toepassen van vacuümdrogen in diverse bloembolgewassen waaronder tulp. Hieronder is een samenvatting te vinden van de resultaten. (Bron: 'Verslag oriënterend onderzoek vacuümdrogen bloembollen'; M. Dijkema en J. van der Klugt; maart 2010). Het onderzoek is op kleine schaal met kleine hoeveelheden uitgevoerd waardoor het lastig is om een vertaling te maken naar de praktijk.

3.8.1 Resultaten vacumeren

- In een conventioneel droogproces verliezen tulpen tussen de 3,8% en 9,2% vocht;
- Door vacumeren kan hieraan 1,0% tot 8,6% vochtverlies toegevoegd worden;
- Door dubbel vacumeren kan 2,2% tot 10,0% vochtverlies toegevoegd worden;
- De enkel gevacumeerde objecten zijn na afloop van het vacumeren niet droog, ook al verliezen ze door enkel vacumeren soms bijna net zoveel vocht als in een conventioneel droogproces;
- De dubbel gevacumeerde objecten zijn na afloop van de tweede charge vacumeren droog;
- Hoe kleiner de bolmaat, hoe sneller de temperatuurdaling;
- Hoe natter de bollen (gespoeld), hoe sneller de temperatuurdaling.

In oriënterende proeven zijn in het verleden ooit schadelijke effecten van vacuümbehandelingen op de bloemkwaliteit van lelies waargenomen. Het 'opblazen' van de tere cellen in het groeipunt door de abrupte verlaging van de luchtdruk werd hier als mogelijke oorzaak gezien. In het voorliggende onderzoek is daarom ook het effect van vacuümbehandelingen op de bolkwaliteit van alle geteste bolgewassen onderzocht. Dat is gedaan door in gevacumeerde bollen en gangbaar gedroogde bollen in leverbare bolmaten de bloemkwaliteit en in plantgoedmaten de bolopbrengst te bepalen.

Tulp, leverbaar

De bloemkwaliteit van gevacumeerde en niet-gevacumeerde leverbare bollen is onderzocht in de kas. De verschillende cultivars zijn na de vacuümbehandelingen tot half oktober bewaard bij 20°C, vervolgens bij 9°C (cv's Purple Prince en Blenda) of bij 17°C (cv. Leen van der Mark) tot ongeveer eind oktober, waarna de temperatuur is verlaagd tot 7°C. Vanaf half november zijn alle bollen bij 5°C bewaard. Op 2 december zijn de bollen geplant waarna ze kort bij 7°C en vervolgens bij 5°C beworteld zijn. In de periode tot inhalen (begin februari) is de temperatuur langzaam verlaagd tot 2°C. De bollen zijn afgebroeid in de kas bij ca. 17°C.

Conclusie leverbaar:

In deze oriënterende proeven zijn geen negatieve effecten van vacuümbehandelingen op de kwaliteit van leverbare tulpenbollen gevonden.

Tulp, plantgoed

De plantgoedbollen zijn na de vacuümdroogbehandeling bewaard bij 20°C tot half oktober, en bij 17°C vanaf half oktober tot planten op het veld (25 november). De bollen zijn begin juli geoogst, gedroogd, gepeld, gesorteerd, geteld en gewogen.

Conclusie plantgoed:

Door de lage aantallen bollen in deze oriënterende proeven is het moeilijk om harde conclusies te trekken. Gemiddeld over de onderzochte cultivars en behandelingen lijkt er sprake van een gering negatief effect van de vacuümbehandelingen op de opbrengst van tulpenplantgoed.

3.8.2 Ingeschat energieverbruik vacuümdrogen tulp

Onderstaande tabel toont het energieverbruik per hectare tulp voor conventionele droogtechniek en voor het vacuümdrogen.

Tabel 2: Energieverbruik per hectare tulp voor conventioneel drogen en vacuümdrogen.

Energiebesparend potentieel vacuümdrogen tulp per ha.

	conventioneel		vacuümdrogen	
	drogen	bewaren	drogen	bewaren
gasverbruik (m³)	275,0	1900,0	0,0	1900,0
primaire energie uit gas (MJ)	8703,8	60135,0	0,0	60135,0
kosten energie uit gas (€)	110,0	760,0	0,0	760,0
elektraverbruik (kWh)	210,0	3600,0	515,0	3600,0
primaire energie uit elektra (MJ)	1728,3	29628,0	4238,5	29628,0
kosten energie uit elektra (€)	31,5	540,0	77,3	540,0
totaal primaire energie (MJ)	10432,1	89763,0	4238,5	89763,0
totaal primaire energie teelt (MJ)	100195,1		94001,5	
totaal kosten energie (€)	141,5	1300,0	77,3	1300,0
totaal kosten energie teelt (€)	1441,5		1377,3	
Energiebesparing door vacuümdrogen				
besparing op primaire energie bij drogen	59,4%			
besparing op primaire energie bij teelt	6,2%			
besparing op energiekosten bij drogen	45,4%			
besparing op energiekosten bij teelt	4,5%			

Bron: MJA-e en PPO Bloembollen Lisse

Voor het energieverbruik wordt onderscheid gemaakt tussen het drogen en de bewaring. Alleen in de fase van droging van het product kan energie bespaard worden. Uit de tabel blijkt dat bij de energieprijzen (€0,15/kWh en €0,40/m³ gas) ongeveer €65,- per hectare energie bespaard kan worden. Dit betreft de prijzen uit 2010.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

- Het totaal aan verbruikte energie varieert bij de 6 bedrijven van 143 tot 523 MJ per palletkist.
- Het hoogste verbruik is 3,6 keer het laagste verbruik, gerekend in MJ.
- De nieuwe ontwikkelingen met warmtepomp of condensdroger kunnen een behoorlijk effect hebben op het verlagen van het energieverbruik.
- In deze praktijkvergelijking tussen de 6 bedrijven zien we dat binnen het proces van droogsystemen zoals hierboven bij de 6 bedrijven is beschreven, dat het bedrijfssysteem van zuigend drogen + hergebruik van veel circulatielucht + warmtepomp het laagste energieverbruik heeft. Hieraan levert de warmtepomp de grootste bijdrage.
- Daarna scoren de bedrijven met systemen met warme kaslucht en/of de condensdroger het beste.
- Eén bedrijf heeft door de bespaarde energie in de vorm van opgewarmde kaslucht een groot voordeel en komt als we de bespaarde energie (uit de opgewarmde kaslucht) meenemen in het overblijvende energieverbruik uit op de tweede plaats.
- Twee bedrijven hebben energiebesparing door gebruik te maken van opgewarmde kaslucht met respectievelijk 38% en 12% besparing. Deze behaalde besparing hangt veelal af van de oppervlakte kas waaruit de opgewarmde lucht kan worden betrokken.
- Het combineren van systemen/technieken vermindert het energieverbruik.
- Hoe zich dat financieel verhoudt, is afhankelijk van de prijs van de verschillende energiebronnen.

4.2 Aanbevelingen

- Bovenstaande geeft aan, dat er grote verschillen bestaan in energieverbruik.
- Kijk kritisch naar het droogproces op het eigen bedrijf.
- Bekijk of nieuwe ontwikkelingen inpasbaar zijn.
- Weeg benodigde investeringen af tegen rendement.
- Houd rekening met:
 - (te verwachten) prijzen energie
 - beschikbaarheid van de energiebronnen

We willen hier nog een extra opmerking maken: in dit onderzoek is gekeken naar het energieverbruik, maar daarnaast hebben de ondernemers ook nog opmerkingen gemaakt betreffende voor- en nadelen van het systeem. Deze opmerkingen kunt u ook meenemen in uw overweging om eventueel uw systeem van drogen te veranderen.