



Green Corridor East Africa

Horticultural supply chain Kenya – Europe (BO-10-020-005-A&F)

Ir. J.J. Groot

Ir. E.H. Westra

Drs. Ing. J.C.M.A. Snels

Rapport nr. 1442

Colofon

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen UR Food & Biobased Research in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema Internationale Samenwerking Aanvulling Beleidsprojecten (Projectnummer BO-10-020-005-A&F)¹.

De vraagstelling zoals die ten grondslag ligt aan dit onderzoek is geformuleerd door Mevrouw I. Korving van het Ministerie van Economische Zaken.

Hierbij willen we Ingrid Korving danken voor het ‘uitzetten’ van deze vraag. Daarnaast gaat onze dank uit naar Jeroen van der Hulst van Hortiwise voor zijn deelname in en bijdrage aan dit onderzoek.

Titel	Green Corridor East Africa. Horticultural supply chain Kenya – Europe (BO-10-020-005-A&F)
Auteur(s)	Groot, Ir. J.J., Ir. E.H. Westra, Drs. Ing. J.C.M.A. Snels
Nummer	6234051000
ISBN-nummer	978-94-6173-981-0
Publicatiedatum	December 2013
Vertrouwelijk	Nee
Goedgekeurd door	Ir. J.E. de Kramer

Wageningen UR Food & Biobased Research
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 480 084
E-mail: info.fbr@wur.nl
Internet: www.wur.nl

© Wageningen UR Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.

¹ In 2013 is het project afgerond als NAPRO project binnen het Beleidsondersteunend onderzoekthema Agro Voedselzekerheid (Projectnummer BO-20-007.01-018)

Abstract

Trade in flowers between Kenya and the Netherlands is very dynamic and provides fresh flowers for a large group of consumers in Europe and beyond. The Netherlands is Europe's most important 'gateway' for these flowers. Quality flowers, especially roses, have become one of Kenya's major export products. Many thousands of people depend on these for their work and income. The modal shift from sea transport to air will only be achieved in the long term for Kenya. (There are currently several projects to support this: GreenCHAINge and Qcotrans). In the meanwhile, it is important for the flower industry in Kenya to:

- 1) Optimize the supply chain, which in the current situation (still) depends on transport through the air, with a focus on -in the context of this study- CO₂-emissions,
- 2) Use this focus on CO₂-emissions also, for the stakeholders and the industry, as a step in the direction of a modal shift to deep sea shipping.

The goal of this project is to gain insight into the current / existing horticultural supply chain (= flower) from Kenya to the Netherlands (Schiphol) and / or Germany (Frankfurt) with inland transport services to the country of destination (= Poland / Warsaw) with a focus on CO₂-emission. And also showing the consequences and give recommendations, focussing on CO₂-emission, related to possible changes. These changes are:

- i. Routes
- ii. Aircraft types
- iii. Capacity use

Within this study it was decided to calculate - for a number of specified cases- greenhouse gas emissions during transport, refrigeration and storage. The 'Dutch Horticulture Carbon footprint protocol' is used, including supplements made by Wageningen UR Food & Biobased Research. This choice was made because the 'Dutch Horticulture Carbon footprint protocol' matches the PAS2050.

When CO₂-emission is taken as a guide, it can be, for the current situation, concluded that emissions during air transport contribute most to the total CO₂-emission of the entire transport chain. Improvements to reduce total CO₂-emission of the transport chain must therefore be directed at air transport. The difference between the current route via Jeddah or directly to airport Schiphol is now in favour of flying via Jeddah because of the use of a newer aircraft type. When the same airplane type is used for both transports via Jeddah and directly to Schiphol, CO₂-emission is positive for direct transport to airport Schiphol. Furthermore, the use of the aircraft type in combination with the load capabilities is even more crucial. However, the use of another type of aircraft is a (investment) decision which rests with the airlines, and thus where shippers (importers, exporters, producers) have less influence.

Looking at the road transport, the transition from 'wet' to 'dry' transportation is very positive. This is even more favourable when the flowers are put in a flower box 'double' bunched instead of 'single'.

Therefore, the recommendations is to look for changes in long-distance transport. Examples include the modal shift from air to sea freight. This transition is already initiated. In addition, dry transport / 'double' bunched increase the opportunities for deeper market penetration towards the hinterland because the transport costs per flower stem goes significantly down (at least a factor of 2).

Inhoudsopgave

Abstract	3
1 Inleiding	7
1.1 Probleemdefinitie	7
1.2 Doel en Afbakening	8
1.2.1 Afbakening	8
1.2.2 Scope	9
1.2.3 Optimale beladingsgraad / verdichtingsscenario's	10
1.2.4 Samenvattend	11
1.2.4.1 Vliegtuigtypen en vliegroutes:	11
1.2.4.2 Verdichtingsscenario's:	11
1.3 Doelgroepen	11
1.4 Verwachte resultaten	11
1.5 Projectorganisatie	12
2 Methoden	13
2.1 Broeikasgasemissies en energie	13
2.1.1 Kader - afbakening	13
2.1.1.1 Systeemgrens:	13
2.1.1.2 Meet eenheid:	13
2.1.1.3 Functionele Eenheid:	14
2.1.1.4 Allocatie:	14
2.1.1.5 Data:	14
2.1.2 Rekenregels	14
2.1.2.1 Vliegtuig	14
2.1.2.2 Vrachtwagen	16
2.1.2.3 Koeling in de transportketen	17
2.1.2.4 Overslag op de haventerminals	17
3 Resultaten	19
3.1 Verschillende vliegtuigtypen	19
3.1.1 Vliegtuigtype en beladingsgraad	19
3.1.2 Vliegtuigtypen en Brandstofconsumptie	19
3.1.3 Vliegtuigtypen en CO ₂ -emissie	20
3.1.4 Vliegtuigtypen: samenvattend	23
3.2 Verschillende transportroutes	23
3.2.1 Transportroutes en emissie	23
3.2.2 Verschillende transportroutes: samenvattend	26
3.3 Verschillende verpakkingen	26
3.3.1 Verschillende verpakkingen en beladingsgraad	26
3.3.2 Verschillende verpakkingen en emissie	27

3.3.3	Verschillende verpakkingen: samenvattend	29
4	Conclusies, Aanbevelingen en Discussie	30
4.1	Conclusies	30
4.1.1	Luchtvracht	30
4.1.2	Wegtransport	30
4.2	Aanbevelingen	31
4.3	Discussie	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
4.3.1	Zeevracht	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
4.3.2	Data	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
	Literatuur	33
	Samenvatting	34
	Bijlage(n)	36
	Presentatie 23 Mei 2013, Schiphol	36
	Transshipping port-/railterminal	46

1 Inleiding

De handel in bloemen tussen Kenia en Nederland is zeer dynamisch en verstrekt voor een grote groep van consumenten in Europa en daarbuiten de verse bloemen. Nederland is daarin Europa's belangrijkste 'toegangspoort' voor deze bloemen. Kwaliteitsbloemen, vooral rozen, zijn uitgegroeid tot een van Kenia's grootste exportproducten waarvan vele duizenden mensen voor hun werk en inkomen afhankelijk zijn. Uit onder andere de resultaten van het onderzoek "*A Study on the Kenyan-Dutch Horticultural Supply Chain*" [1], uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van EL&I, is naar voren gekomen dat er bij de stakeholders in zowel Nederland als Kenia de behoefte bestaat om te kijken hoe de huidige keten van sierteeltproducten qua CO₂-emissie 'presteert' –uitgaande van de modaliteit luchtvracht– en wat mogelijke verbeteringen binnen deze keten zijn om deze prestatie te verminderen, d.w.z. de CO₂-emissie te verlagen. Het Ministerie van Economische Zaken (EZ²) wil dit graag faciliteren door een onderzoek hierna te laten uitvoeren door Wageningen UR Food & Biobased Research die als onderlegger zal dienen om de discussie richting mogelijke oplossingsrichtingen tussen de Nederlandse en Keniaanse stakeholders te bevorderen.



1.1 Probleemdefinitie

De export van bederfelijke producten kent een trend die zich steeds meer richt op het transporteren door andere modaliteiten dan via de lucht. Kosten (standaard hoge kosten van vliegtuigtransport, brandstof toeslagen, wellicht CO₂-taks, et cetera) in combinatie met duurzaamheidseisen van verladers en klanten (Carbon footprint) en technologische ontwikkelingen (zowel voor wat betreft containers, verpakkingen, maar ook teeltwijzen, et cetera) maakt dit steeds meer mogelijk. Voor Kenia geldt echter dat de modal shift van vliegen naar zeetransport niet op de zeer korte termijn gerealiseerd zal worden (er lopen momenteel enkele projecten: GreenCHAINge en Qcotrans). Daarom is het voor de bloemensector in Kenia van belang om:

- 1) de huidige keten die (nog) afhankelijk is van vervoer via de lucht zo optimaal mogelijk in te richten met een focus op –in het kader van dit onderzoek– CO₂-emissies.
- 2) Waarbij deze focus op CO₂-emissies voor de betrokken stakeholders en de sector tevens een stap is in de richting van de modal shift naar zeetransport.

² Ten tijde van de opdrachtverstrekking was de officiële naam nog Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (ELI)

Hiervoor is het van belang om te weten hoe de keten momenteel presteert en waar de verbetermogelijkheden zitten. Voor het onderzoek is er daarom behoefte aan het verkrijgen van inzicht in de bestaande luchtvracht exportketen vanuit Oost Afrika van sierteeltproducten naar Nederland v.w.b. de CO₂-emmissie en de effecten op de CO₂-emmissie bij alternatieve keteninrichtingen. Aangegeven is door de stakeholders dat er hierbij gedacht moet worden aan type vliegtuig, bestemming/route vliegtuig, lengte natransport (binnen Europa), koelactiviteiten en beladingsgraad. Hiervoor is dus kennis nodig van de keten, transportmodaliteiten en typen vervoersmiddelen (vliegtuigen), en verpakkingen. Dit alles gericht op de export van sierteeltproducten.

1.2 Doel en Afbakening

Het doel is het verkrijgen van inzicht in de huidige/bestaande sierteelt keten (= bloemen) vanuit Kenia naar Nederland (Schiphol) en/of Duitsland (Frankfurt) met natransport naar het land van bestemming (=Polen/Warschau) met focus op de CO₂-emmissie. De gevolgen m.b.t. CO₂-emmissie bij mogelijke veranderingen (zie hier onder) binnen deze keten en aanbevelingen m.b.t. deze genoemde veranderingen.

1.2.1 Afbakening

- a. Product: Sierteelt, meer specifiek: bloemen. Als caseproduct si uitgegaan van rozen (het overgrote deel van de export van Keniaanse bloemen zijn rozen). Dit met de onderverdeling tot 40 cm. steellengte (= korte rozen = retail) en groter dan 40 cm. steellengte (veelal 60 cm, = lange rozen = groothandel). Omdat er in een vliegtuig een mix van lange en korte rozen wordt vervoerd is een mix van rozen in dit onderzoek ook als uitgangspunt genomen. Over het algemeen kan worden uitgegaan van 70% korte rozen en 30% lange rozen.
- b. Transport:
 - i. Luchttransport voor het ‘overzeese’ transport;
 - ii. Wegtransport voor het transport in en tussen Nederland(Schiphol) / Duitsland(Frankfurt Airport) en Polen (Warschau);
 - iii. Voor het wegtransport wordt uitgegaan van 1 (representatief) voertuigtype.
- c. Keten: vanaf een representatieve productielocatie in Kenia (Naivasha) via (tussen)opslag op het vliegveld in Nairobi tot en met de opslag in het distributie centrum van de ontvangende partij nabij Warschau (dus er wordt niet gekeken naar teelt en het transport het transport naar het verkooppunt en/of eindconsument).
Voor ‘het DC van de ontvangende partij wordt voor de berekening één representatieve locatie [x-/y-coördinaten] bepaald;
- d. Duurzaamheid: Gekeken wordt enkel naar de milieueffecten die alleen worden uitgedrukt in CO₂-emmissie gerelateerd aan de activiteit transport (b) en koelen. Emissies worden weergegeven in CO₂-equivalenten per eenheid product.

- e. Volume: Voor de hoeveelheid product wordt gekozen voor (de inhoud van) een 45 ft reefer container. Dit om toekomstige vergelijkingen met andere modaliteiten mogelijk te maken. Voor de luchtvracht wordt ook gerekend in eenheden lading die een 45 ft reefer container representeren. Waar gewenst worden verwijzingen gemaakt naar emissies per bloemsteel.

1.2.2 Scope

Allereerst zal de CO₂-emmissie voor de huidige keten in kaart gebracht worden. Daarnaast zijn door de stakeholders op basis van het project “*A Study on the Kenyan-Dutch Horticultural Supply Chain*”[1] factoren benoemd die mogelijk van invloed zijn op de CO₂-emmissie gedurende het transport, en moeten daarmee nader onderzocht moeten worden. Deze zijn:

- Vliegroutes:
 - o Kenia (Nairobi) - Nederland (Amsterdam)
 - o Kenia (Nairobi) - Saoedi Arabië (Jeddah) – Nederland (Amsterdam)
 - o Kenia (Nairobi) - Duitsland (Frankfurt)

Figuur 1: Lucht- en wegtransport



Hierbij wordt in de berekeningen uitgegaan van een ‘enkeltje’, dat wil zeggen allee de vlucht vanuit Afrika –al dan niet via Jeddah- naar Europa (Amsterdam of Frankfurt)

- Vliegtuigtypen:
 - o MD-11
 - o Boeing 747-400F
 - o Boeing 777-F

Dus niet de ‘oudere typen’ zoals de DC-10 en de Boeing 747-200 omdat deze toestellen langzaam zullen verdwijnen als transportmiddel op deze vluchten. En ook de passagierstoestellen worden niet meegenomen, d.w.z. dat er is gekozen om alleen te kijken naar vrachttoestellen en dus niet het transport van rozen als lading bij passagiersvluchten. De volumes, mogelijkheden en beschikbaarheid zijn te wisselend om als goed vergelijkingsmiddel mee te nemen. Daardoor is tevens de zogenaamde allocatie in de CO₂-equivalent berekening vermeden door er vanuit te gaan dat er geen combi-ladingen zijn. Oftewel, het gehele voertuig is vol geladen met het product waarvan men de emissies wil berekenen. (zie voor nadere toelichting paragraaf 2.1.1.4).

1.2.3 Optimale beladingsgraad / verdichtingsscenario's

Er wordt uitgegaan van een mix van korte en lange rozen (40 cm. respectievelijk 60 cm.) Hierbij worden twee in de praktijk relevante manieren om te komen tot een optimalere beladingsgraad van de vracht binnen dit onderzoek bekeken;

1. Het bossen van de rozen: gekeken wordt naar het verschil tussen het op 2 verschillende manieren inpakken van de rozen. Dat wil zeggen ‘enkel’ en ‘dubbel gebost’. Een eerste expert judgement is dat met het ‘dubbel bossen’ 60 tot 80% meer rozen vervoerd kunnen worden. (opgemerkt moet wel worden dat er uitgegaan wordt van één, nog nader te bepalen, type doos) → **“Enkel & Dubbel bossen”**

Figuur 2: Dubbel geboste rozen.



2. De tweede wijze is gericht op het verhogen van de beladingsgraad tijdens het nattransport over de weg. Hierbij worden de bloemen in dozen (= droog) in plaats van in fusten staand op water (= nat) getransporteerd. Voor rozen met een steellengte vanaf 40 cm. wordt op basis van praktijkervaring geschat dat er tot 3 keer meer vervoerd kan worden in dezelfde vrachtwagen. Voor een steellengte tot 40 cm. is deze schatting zelfs 5 keer. → **“Nat & Droog”**

1.2.4 Samenvattend

1.2.4.1 Vliegtuigtypen en vliegroutes (6 analyses):

Samenvattend betekend dit dat de 3 vliegtuigtypen met elkaar worden vergeleken qua CO₂-emissie. Hiervoor wordt 1 route gehanteerd (Nairobi – Schiphol). Daarnaast wordt de emissie voor der verschillende routes doorgerekend (Nairobi – Schiphol, Nairobi – Jeddah – Schiphol, Nairobi – Frankfurt) voor 1 vliegtuigtype (MD-11). Daarbij wordt echter ook steeds het voor- en natransport via de weg meegenomen in de totale vergelijking.

1.2.4.2 Verdichtingsscenario's (3 analyses):

- a. 'Enkel & Dubbel bossen' & 'Nat & Droog': Dit scenario wordt doorgerekend voor het wegtransport binnen Europa. Om het effect van dit scenario weer te geven is bij de analyse tussen het 'nat' en 'droog' vervoeren van de rozen (voor de mix van de twee steellengtes) gekeken naar het wegtransport tussen Schiphol en Warschau. Bij de analyse vindt er ook een vergelijking plaats op basis van het enkel- of dubbel gebost aanleveren van de rozen voor het droog transport (niet van toepassing op het nat transporteren van rozen).

1.3 Doelgroepen

De resultaten van het onderzoek zullen dienen als onderlegger voor de discussie rondom het duurzaam inrichten van de exportketen van bloemen vanuit Kenia. De partijen betrokken bij deze discussie zijn tevens de doelgroep voor het onderzoek. Het gaat hier om:

- Het ministerie van EZ;
- Telers en exporteurs /verladers in Kenya;
- Transporteurs, d.w.z. airlines en wegtransporteurs in Europa (m.n. Nederland en Duitsland);
- Nederlandse importeurs³ / handelaren

1.4 Verwachte resultaten

- a. de resultaten van de CO₂-berekeningen voor de huidige exportketen van bloemen vanuit Kenia naar Nederland en de veranderingen in CO₂-emissie bij de benoemde keten configuraties.
- b. aanbevelingen voor verbeteringen in relatie tot CO₂-emissie reductie (gerelateerd aan de onder a) genoemde resultaten.

³ Hierbij is er een onderscheid te maken tussen zogenaamde importeurs 'oude stijl' en 'nieuwe stijl'. Retailers bestellen in toenemende mate rechtstreeks bij de teler in Kenya waarbij soms gebruik wordt gemaakt van een derde partij die teler en afnemer met elkaar in contact brengt (= importeur 'nieuwe stijl'). Dit in vergelijking met de importeurs 'oude stijl' die zelf product betrekken vanuit de teler en doorzetten naar de afnemer.

1.5 Projectorganisatie

- De vraagarticulatie en rol van opdrachtgever ligt bij het Ministerie van Economische Zaken. Zij zijn ook verantwoordelijk voor de definitieve goedkeuring van het project.
- Uitvoering van het project ligt bij Wageningen UR Food & Biobased Research.
- Een deel van de benodigde informatie, met name vlucht- en vrachtwagenroutes en beladingsgraden, zullen aangeleverd worden door Hortiwise gezien betrokkenheid bij het onderzoek “*A Study on the Kenyan-Dutch Horticultural Supply Chain*” en toegang tot en beschikking over genoemde informatie en data die veelal in Kenia verkregen moet worden.



Ministerie van Economische Zaken



FOOD & BIOBASED RESEARCH
WAGENINGEN UR



2 Methoden

Voor de berekening van de broeikasgasemissies is er gebruik gemaakt van een protocol ontwikkeld door Wageningen UR.

2.1 Broeikasgasemissies en energie

Binnen dit onderzoek is ervoor gekozen om broeikasgasemissies tijdens transport, koeling en bewaring, te berekenen voor een aantal cases met behulp van het 'Nederlandse Tuinbouw Carbon footprint protocol' en de aanvullingen hierop gemaakt door Wageningen UR - AFSG. Deze keuze is gemaakt, omdat 'het Nederlandse Tuinbouw Carbon footprint protocol'⁴ aansluit bij de PAS2050⁵.

2.1.1 Kader - afbakening



Om broeikasgasemissies te kunnen berekenen dient de afbakening helder te zijn. Het berekenen van broeikasgasemissies is gebaseerd op levenscyclusanalyses. Dezelfde afbakening als in het 'Tuinbouw protocol' is gehanteerd [3]. De afbakening van het 'Tuinbouw protocol' is gebaseerd op de PAS2050 [2]. Broeikasgasemissie wordt uitgedrukt in CO₂-equivalenten. Om de invloed van de verschillende broeikasgassen te kunnen optellen, worden de emissiecijfers omgerekend naar deze zogeheten CO₂-equivalenten. Eén CO₂-equivalent staat gelijk aan het effect dat de uitstoot van 1 kg CO₂ heeft. De uitstoot van 1 kg distikstofdioxide (N₂O) staat gelijk aan 298 CO₂-equivalenten en de uitstoot van 1 kg methaan (CH₄) aan 25 CO₂-equivalenten.

$$CO_2\text{-eq} = 1 \times CO_2 + 298 \times N_2O + 25 \times CH_4$$

2.1.1.1 Systeemgrens:

- Sierteeltsector;
- Vanaf een fictieve producent in Naivasha, Kenya tot een fictieve groothandel in Warschau, Polen;
- Broeikasgasemissies veroorzaakt door Transport, Koeling en Opslag
 - Alle directe emissies veroorzaakt door gebruik van brandstoffen en elektriciteit, aangevuld met de indirecte emissies die zijn veroorzaakt bij de productie van brandstoffen en elektriciteit (pre-combustion).

2.1.1.2 Meet eenheid:

- Broeikasgasemissies uitgedrukt in kg CO₂-equivalenten, uitgegaan van een atmosferische levensduur van 100 jaar (GWP 100);

⁴ In de rest van deze rapportage zal naar het 'Nederlandse Tuinbouw Carbon Footprint protocol' gerefereerd worden als 'Tuinbouw protocol'

⁵ PAS = Publicly Available Specification. PAS2050: Assessing the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. Meer informatie over PAS, zie http://en.wikipedia.org/wiki/Publicly_Available_Specification

- Alle directe emissies veroorzaakt door gebruik van brandstoffen en elektriciteit, aangevuld met de indirecte emissies die zijn veroorzaakt bij de productie van brandstoffen en elektriciteit (pre-combustion);
- Koelvloeistoffen zijn buiten beschouwing gelaten.

2.1.1.3 Functionele Eenheid:

- 1.000 kg. product (ofwel 1 ton bloemen) vanaf het productiebedrijf. PAS2050 stelde dit begin 2008. Echter eind 2008, was de keuze voor de functionele eenheid weer vrij in te vullen. Vandaar dat nu ook bloemstelen kan worden gekozen als functionele eenheid, een term die in de sierteeltsector vaak wordt gebruikt.

2.1.1.4 Allocatie⁶:

- Allocatie is vermeden, door er vanuit te gaan dat er geen combi-ladingen zijn, ofwel het gehele voertuig is vol geladen met het product waarvan men de emissies wil berekenen. De keuze voor allocatie vermijden, heeft invloed op de berekende emissies. Bijvoorbeeld als er vracht meegaat met personenvervoer en er economisch wordt gealloceerd, dan worden er minder emissies toegekend aan de vervoerde vracht, dan middels het vermijden van allocatie wordt gedaan.

2.1.1.5 Data:

- Zoveel mogelijk primaire data, waar nodig aangevuld met data uit secundaire databronnen of van experts.

2.1.2 Rekenregels

2.1.2.1 Vliegtuig

Blonk et. al. [3] geeft het emissiemodel voor zes vliegtuigtypen. De emissie van een vliegtuigtype is afhankelijk van: Afgelegde afstand, Lading en Take Off verbruik (LTO) en twee regressiefactoren (a, b). Met deze gegevens kan voor elk type de emissie in CO₂-equivalenten worden berekend (formule).

$$GHG_{vlieg} = \left((a \cdot (A_{vlieg} \cdot f_{extra})^2 + b \cdot (A_{vlieg} \cdot f_{extra})) \cdot GHG_{kerosine} \cdot RF \right) + t \cdot LTO$$

· GHG_{kerosine}

met

GHG_{vlieg} : Emissie door kerosine verbruik (kg CO₂eq/kg)

a & b : Regressie factoren gegeven in tabel 2

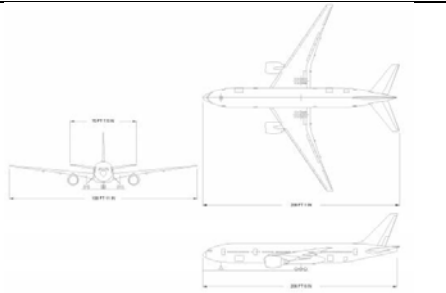
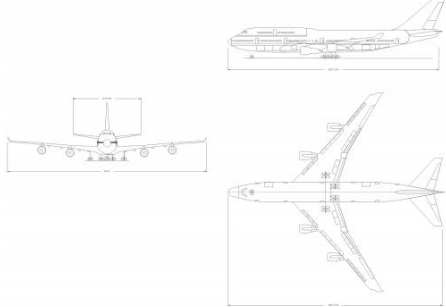
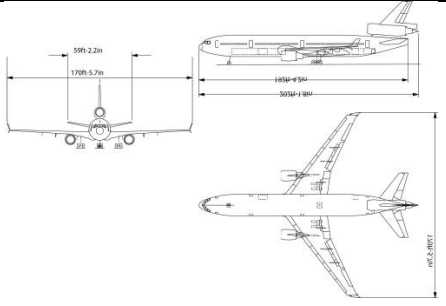
A_{vlieg} : Afgelegde afstand (km)

⁶ *Allocatiemethode: een methodische keuze die betrekking heeft op allocatievraagstukken. Allocatievraagstukken ontstaan, indien er een verdeling is van 'input' en 'output' stromen over meerdere product- of processystemen dan het product- of het processysteem onder analyse. Indien er bijvoorbeeld meerdere producten uit een bewerkingsproces ontstaan worden de emissies dan bijv. economisch of naar gewicht gealloceerd of wordt bijv. het systeem uitgebreid of allocatie vermeden?*

f_{extra} : Omvlieg ratio
 t : Aantal tussenstops
 LTO : Landing and Take Off kerosine verbruik , tabel 2 (kg)
 $GHG_{kerosine}$: Emissie per kilogram gebruikte kerosine (3,55 CO₂eq/kg)
 RF : Radiative Forcing factor (1)

In de afbakening van dit project is uitdrukkelijk benoemd dat het vliegtuigtype MD-11 één van de te onderzoeken vliegtuigtypes is (zie paragraaf 1.2.2). Er wordt ook benadrukt dat de DC-10 niet meegenomen dient te worden. Het model MD-11 is niet als zodanig geparameteriseerd in het model van Blonk et. al. In veel literatuur wordt voor gebruik van emissiegegevens van een MD-11 verwezen naar de emissiegegevens van een DC-10. In deze studie is geen gebruik gemaakt van de gegevens van een DC-10 omdat Kalidova en Kudrna [4] in 1997 de methode beschrijven die de bron is van het model van Blonk et. al. Hier zijn de gegevens van het vliegtuigtype MD-11 wél beschikbaar. Kalidova en Kudrna stellen ook dat er 15% marge om hun schattingen heen zit, deze spreiding is meegenomen in parameters. Dit geeft de volgende parameters in Tabel 1.

Tabel 1: Vliegtuigtypen en LTO en regressiefactoren (a., b.)

	Vliegtuigtype	Spreiding	a.	b.	LTO
	B777-F	15%	0.0001	7.8707	
		Avg.	0.00009	6.8441	2562.8
		-15%	0.00008	5.8175	
	B747-400	15%	0.0002	10.525	
		Avg.	0.0002	9.1524	3402.2
		-15%	0.0002	7.7795	
	MD 11	15%	-0.00009	12.147	
		Avg.	-0.00008	10.563	838.97
		-15%	-0.00007	8.984	

Opmerking/discussie:

- In de wetenschappelijke literatuur zijn niet veel bronnen te vinden die de consumptie van kerosine door verschillende vliegtuigtypen beschrijven. De meest recente data zijn van 1997 en daarmee enigszins gedateerd. Recentere data zijn helaas niet beschikbaar. Ook is recentere data via vliegtuigproducenten en airlines niet beschikbaar gesteld voor dit onderzoek;
- Er wordt gerekend met een spreiding van 15%.

2.1.2.2 Vrachtwagen

De rekenregel voor het berekenen van broeikasemissies door transport via de vrachtwagen is ook overgenomen van het Tuinbouw Protocol [3] waarbij de aanname is dat de op de Nederlandse situatie bepaalde parameterwaarden tevens gelden voor vrachtwagens in andere landen.

De rekenregel voor broeikasgasemissies door vrachtwagentransport is als volgt gedefinieerd:

$$GHG_{weg} = \left\{ [(0,0065LV + 0,22247(0,25LG + 0,75)) \times (1 + kmf) \times 0,84] + [K \times K_{verbruik} \times E_{diesel}/v] \right\} \times A \times EF_{diesel}$$

De formule is opgebouwd uit het deel van de broeikasgasemissie dat wordt veroorzaakt door het verplaatsen (gekoppeld aan het gewicht van de lading en de af te leggen afstand) en het deel dat ontstaat als gevolg van de koeling van de container op de vrachtwagen.

Op basis van de parameters en standaardwaarden voor vrachtwagentransport, zoals deze zijn weergegeven in Tabel 2, en de specifieke waarden voor het betreffende transportscenario kan de broeikasgasemissie voor de functionele eenheid worden berekend. De specifieke waarden per transportscenario zullen in hoofdstuk 3 aan de orde komen.

Tabel 2: Parameters en standaardwaarden vrachtwagentransport

Afkorting	Definitie	Waarde	Eenheid
GHG _{weg}	Broeikasgasemissie afkomstig van wegtransport inclusief koeling		kg CO ₂ -eq./cont.
LV	Maximaal laadvermogen transportmiddel	26.8	ton
L	totaal gewicht van de lading	9	ton
K	Dummy voor wel (1) of niet (0) koelen	1	
K _{verbruik}	Energieverbruik voor koeling	4	kW
A	Afstand waarover goederen vervoerd worden		km
kmf	Extra km factor dat het vervoermiddel leeg aflegt na aflevering t.o.v. heenreis		$0 \leq \text{kmf} \leq 1$
LG	Beladingfactor t.o.v. het maximale laadvermogen ($LG > 0$)		%
v	Gemiddelde snelheid	70	km/h
E _{diesel}	Energiewaarde diesel voor koeling	0.23	Kg/kWh
EF _{diesel}	emissiefactor diesel (productie+verbranding van diesel)	3.6	kg CO ₂ -eq./kg _{diesel}
	Diesilverbruik	0.007	kg/ton
	Diesilverbruik bij 100% belading	0.222	kg
	Procentueel beladingsgraadeffect op verbruik (-1% LG is 0.25% afname dieselgebruik)	0.25	
	Gedeelte dieselgebruik vast per km ongeacht beladingsgraad of laadvermogen	0.75	
	Brandstof dichtheid bij wegtransport	0.833	kg/liter

2.1.2.3 Koeling in de transportketen

In de transportketen vindt tussentijdse opslag plaats op de terminals en op de DC's. In het model is verondersteld dat gedurende de opslagfase de koelcontainer daarbij wordt aangesloten op het elektriciteitsnet. Tijdens de transportfase wordt de koelcontainer gekoeld op basis van dieselbrandstof. De koeling kost voor alle modaliteiten een vergelijkbare hoeveelheid energie van 4 kW voor en 45ft-koelcontainer. De energie die benodigd is voor de koeling van de container op de vrachtwagen wordt verkregen uit de dieselbrandstof. Als gemiddelde snelheid voor het transport binnen Europa wordt aangehouden 70km/u., terwijl in de transportscenario's buiten Europa (i.c. Kenia, Ethiopië en Ecuador) is gerekend met 40km/u. [5].

2.1.2.4 Overslag op de haventerminals

Voor zover bekend worden tot op heden in de bestaande CO₂-rekentools de broeikasgasemissies, die ontstaan bij de overslag van goederen op de haven- en railterminals, niet meegenomen. Gegevens over het energieverbruik in de deze fase van de transportketen zijn moeilijk te achterhalen, en het is de vraag of bedrijven die de terminals exploiteren deze gegevens zelf kennen. Er zijn weliswaar veel studies over multimodaliteit, maar het milieukundig perspectief op de terminals wordt daarbij niet meegenomen [6]. Een reden hiervoor kan zijn dat het aandeel van de activiteiten op de terminals op de totale broeikasgasemissie in de transportketen relatief klein is: 2% op de terminals terwijl 96% van de carbon footprint wordt veroorzaakt op zee [7]. In het model van Van Duin en Geerlings is een methodiek ontwikkeld waarmee de broeikasgasemissies

op de haventerminals als gevolg van de overslag van containers kan worden berekend. Hierbij kan de uitstoot worden bepaald op basis van een standaard pakket aan materieel waarmee containers van de ene modaliteit op de andere worden overgeslagen. In deze studie is de methodiek van Van Duin en Geerlings gebruikt bij het berekenen van broeikasgasemissies in de transportscenario's, waarin de transportschakel over zee is opgenomen. De energieparameters in het model zijn bepaald voor de situatie op de Nederlandse containerterminals. Voor de terminals buiten Nederland zijn deze waarden overgenomen, met de kanttekening dat het energieverbruik op deze terminals naar alle waarschijnlijkheid hoger zal liggen als gevolg van verouderd materieel. Verschillen in broeikasgasemissies tussen de Nederlandse en buitenlandse terminals ontstaan hierdoor met name door de verschillen tussen de emissiefactoren voor elektriciteit. Een overzicht van deze emissiefactoren voor een aantal landen / regio's is opgenomen in bijlage 1, Tabel 15. Het model en de berekening van de broeikasgasemissies op de haventerminals is weergegeven in Tabel 14 in dezelfde bijlage.

3 Resultaten

De bovenstaande rekenregels zijn toegepast op de verschillende scenario's uitgelegd in Hoofdstuk 1. De scenario's zijn a) verschillende vliegtuigtypen, b) verschillende routes en c) verschillende verpakkingen.

3.1 Verschillende vliegtuigtypen

3.1.1 *Vliegtuigtype en beladingsgraad*

Tabel 3 geeft per vliegtuigtype aan wat het maximaal netto laadvermogen is en hoeveel er op basis van de opbouw van de ladingdragers (dozen en pallets – enkel gebost) maximaal te laden is aan rozen gegeven de beschikbare ruimte (m³) van het vliegtuig i.r.t. het ruimtebeslag dat de pallets met rozen in zullen nemen.

Tabel 3: Belading van verschillende vliegtuigtypen enkel gebost

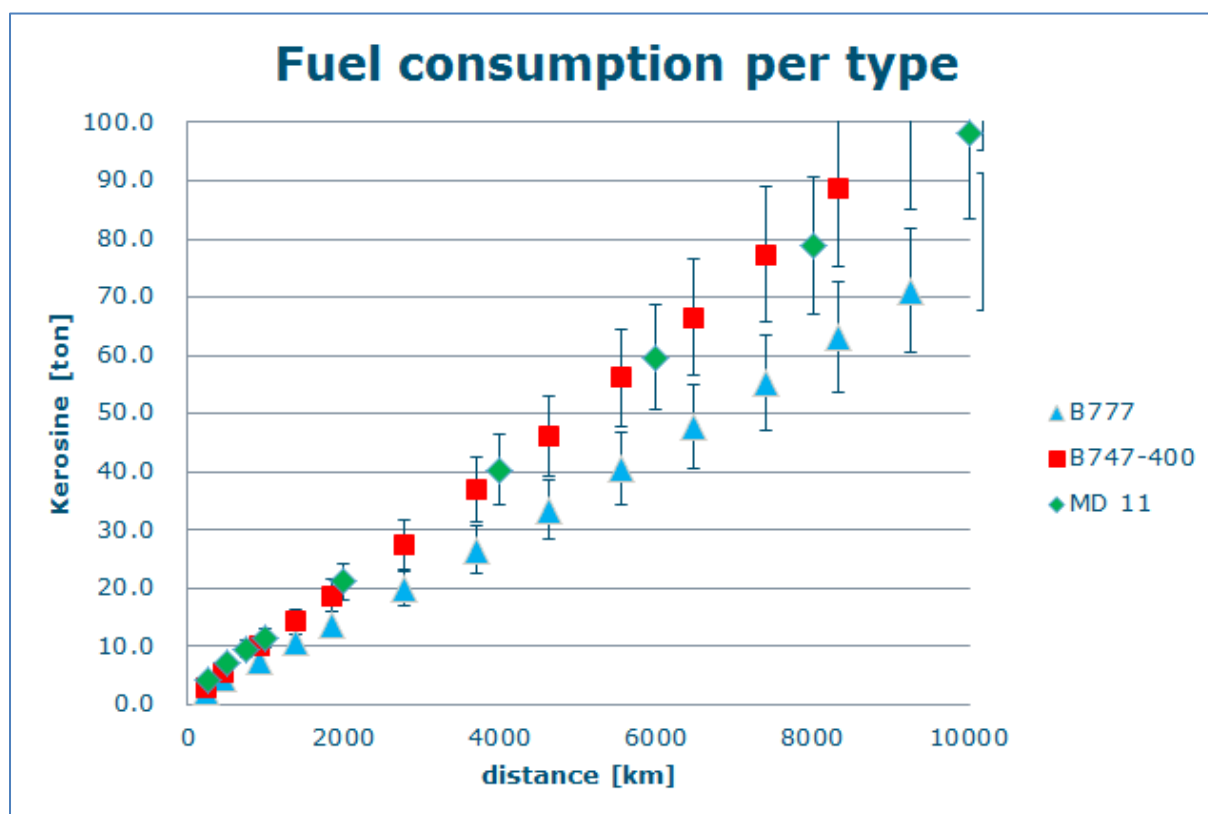
	Max. netto laadvermogen (ton)	Max. te laden gewicht rozen (ton)	Gewichtsfactor rozen
MD-11	91.9	80.6	88%
747-400F	112.7	107.0	95%
777-F	102.9	98.7	96%

Kijkend naar de belading van het vliegtuigtype met rozen is de Boeing 777-F is het meest geschikt omdat er géén extra gewicht nodig is om de maximale netto lading (payload) te halen. Om de maximale payload te halen zou 4% bijgeladen moeten worden. Kortom, het vliegtuig kan bijna volledig met rozen beladen worden i.t.t. de andere vliegtuigtypen.

Tabel 3 laat echter ook zien dat de MD-11 ten opzichte van de andere vliegtuigtypen relatief weinig gewicht aan rozen mee kan nemen i.r.t. het maximale netto laadvermogen. Echter het feit dat wanneer de MD-11 volledig met rozen geladen zou moeten worden en het feit dat er met enkel geboste rozen laadcapaciteit over is betekend ook dat juist de MD-11 geschikt is om meer lading per m³ mee te nemen. Hierdoor is dit vliegtuigtype het best ingericht om dubbel geboste rozen te transporteren (tot maximaal 35% van de totale lading)

3.1.2 *Vliegtuigtypen en Brandstofconsumptie*

De Boeing 747-400F en de MD-11 kennen het hoogste totale kerosine verbruik (gebaseerd op Kalidova en Kudrna [4]).



Figuur 3: Brandstof verbruik per vliegtuigtype (B777-F, B747-400, MD11)

3.1.3 Vliegtuigtypen en CO_2 -emissie

Voor de bepaling van de CO_2 -emissie is zoals aangegeven gekeken naar het scenario waarbij voor de 3 verschillende vliegtuigtypen dezelfde route is geanalyseerd, te weten Naivasha (Kenia) – Nairobi (Kenia) – Schiphol (Nederland) – Warschau (Polen).

De gebruikte inputgegevens voor de scenario's met verschillende vliegtuigtypen berekeningen zijn te vinden in onderstaande tabellen.

Geconcludeerd kan dan worden:

De Boeing 777-F heeft de laagste CO_2 -equivalenten. Dit is 35% lager dan de CO_2 -equivalenten corresponderend met de MD-11

Tabel 4: Ketenbeschrijving voor de het vliegtuigtype MD11

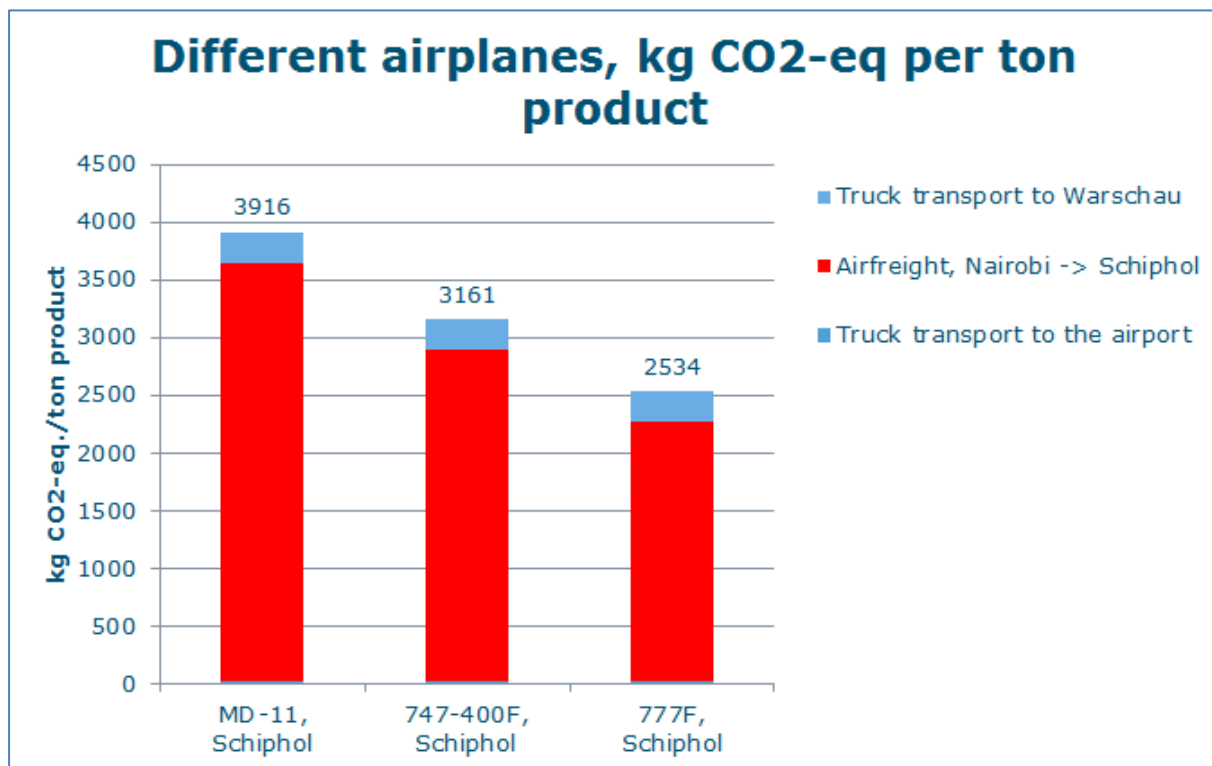
Scenario		SB_KEN001									
Product		Rozen									
Bestemming		Warschau, Polen									
Retourvracht		geen									
Transportmodaliteit		luchtvracht (MD-11)									
Functionele eenheid		ton									
Chain step description		From location	To location	Distance (km)	Time (hours)	Cooling specifications (electric / diesel / heavy fuel oil / uncooled)	Loading capacity (ton)	Utility rate on basis of weight (0-1)	Empty return factor (kmf = 0-1)	Loading weight (ton)	Emission (kg CO ₂ -eq / ton product)
1)	Cooled truck transport to the airport	Naivasha, Kenia	Nairobi, Kenia	100	2.5	Gekoeld; diesel	23.0	0.4	0.75	9.7	23
2)	Cooled cross-docking/storage at Nairobi terminal	Nairobi, Kenia			24	Gekoeld; elektrisch, buitentemperatuur >25°C					5
3)	Airfreight, uncooled, Nairobi -> Schiphol	Nairobi, Kenia	Schiphol, Nederland	6662	7.3		91.9	0.88	0	9.7	3618
4)	Cooled cross-docking/storage at Schiphol terminal	Schiphol, Nederland			1	Gekoeld; elektrisch, buitentemperatuur <25°C					0
5)	Cooled truck transport to Warschau	Schiphol, Nederland	Warschau, Polen	1199	17.1	Gekoeld; diesel	23.0	0.4	0.75	9.7	270
Totaal:											3916

Tabel 5: Ketenbeschrijving voor het vliegtuigtype Boeing 747-400F

Scenario		SB_KEN003									
Product		Rozen									
Bestemming		Warschau, Polen									
Retourvracht		geen									
Transportmodaliteit		luchtvracht (Boeing 747-400F)									
Functionele eenheid		ton									
Chain step description		From location	To location	Distance (km)	Time (hours)	Cooling specifications (electric / diesel / heavy fuel oil / uncooled)	Loading capacity (ton)	Utility rate on basis of weight (0-1)	Empty return factor (kmf = 0-1)	Loading weight (ton)	Emission (kg CO ₂ -eq / ton product)
1)	Cooled truck transport to the airport	Naivasha, Kenia	Nairobi, Kenia	100	2.5	Gekoeld; diesel	23.0	0.4	0.75	9.7	23
2)	Cooled cross-docking/storage at Nairobi terminal	Nairobi, Kenia			24	Gekoeld; elektrisch, buitentemperatuur >25°C					5
3)	Airfreight, uncooled, Nairobi -> Schiphol	Nairobi, Kenia	Schiphol, Nederland	6662	7.9		112.7	0.95	0	9.7	2863
4)	Cooled cross-docking/storage at Schiphol terminal	Schiphol, Nederland			1	Gekoeld; elektrisch, buitentemperatuur <25°C					0
5)	Cooled truck transport to Warschau	Schiphol, Nederland	Warschau, Polen	1199	17.1	Gekoeld; diesel	23.0	0.4	0.75	9.7	270
Totaal:											3161

Tabel 6: Ketenbeschrijving voor het vliegtuigtype Boeing 777-F

Scenario		SB_KEN003									
Product		Rozen									
Bestemming		Warschau, Polen									
Retourvracht		geen									
Transportmodaliteit		luchtvracht (Boeing 777F)									
Functionele eenheid		ton									
Chain step description		From location	To location	Distance (km)	Time (hours)	Cooling specifications (electric / diesel / heavy fuel oil / uncooled)	Loading capacity (ton)	Utility rate on basis of weight (0-1)	Empty return factor (kmf = 0-1)	Loading weight (ton)	Emission (kg CO ₂ -eq / ton product)
1)	Cooled truck transport to the airport	Naivasha, Kenia	Nairobi, Kenia	100	2.5	Gekoeld; diesel	23.0	0.4	0.75	9.7	23
2)	Cooled cross-docking/storage at Nairobi terminal	Nairobi, Kenia			24	Gekoeld; elektrisch, buitentemperatuur >25°C					5
3)	Airfreight, uncooled, Nairobi -> Schiphol	Nairobi, Kenia	Schiphol, Nederland	6662	7.9		102.9	0.96	0	9.7	2236
4)	Cooled cross-docking/storage at Schiphol terminal	Schiphol, Nederland			1	Gekoeld; elektrisch, buitentemperatuur <25°C					0
5)	Cooled truck transport to Warschau	Schiphol, Nederland	Warschau, Polen	1199	17.1	Gekoeld; diesel	23.0	0.4	0.75	9.7	270
Totaal:											2534



Figuur 4: Verschil tussen vliegtuigtypen in Kg. CO₂-eq. per ton product.

3.1.4 *Vliegtuigtypen: samenvattend*

- Boeing 747-400F kent de hoogste beladingsgraad
- Boeing 777-F kent het laagste brandstofverbruik
- Boeing 777-F kent de laagste CO₂-equivalenten

3.2 Verschillende transportroutes

Aannames:

- De routes zijn:
 - Nairobi - Schiphol,
 - Nairobi - Frankfurt,
 - Nairobi – Jeddah – Schiphol
- De lading bestaat uit een mix van 70% korte rozen en 30% lange rozen
- Wegtransport vanaf bestemmingsluchthaven (Schiphol of Frankfurt) naar Warschau



3.2.1 *Transportroutes en emissie*

De vluchtroute met de meeste vliegkilometers en 2 keer opstijgen, dat wil zeggen de route via Jeddah, kent de hoogste CO₂-equivalent emissie per ton product.

Voor 1 vliegtuigtype, te weten de MD-11, zijn drie ketens geanalyseerd:

- Naivasha (Kenia) – Nairobi (Kenia) – Schiphol (Nederland) – Warschau (Polen)
- Naivasha (Kenia) – Nairobi (Kenia) – Frankfurt (Duitsland) – Warschau (Polen)
- Naivasha (Kenia) – Nairobi (Kenia) – Jeddah (Saoedi Arabië) – Schiphol (Nederland) – Warschau (Polen)

Geconcludeerd kan worden dat een vlucht met een Boeing 777-F via Jeddah naar Schiphol kent minder uitstoot dan een **directe vlucht** naar Schiphol uitgevoerd met een MD-11

Tabel 7: Ketenbeschrijving vliegtuigroute via Schiphol naar Warschau

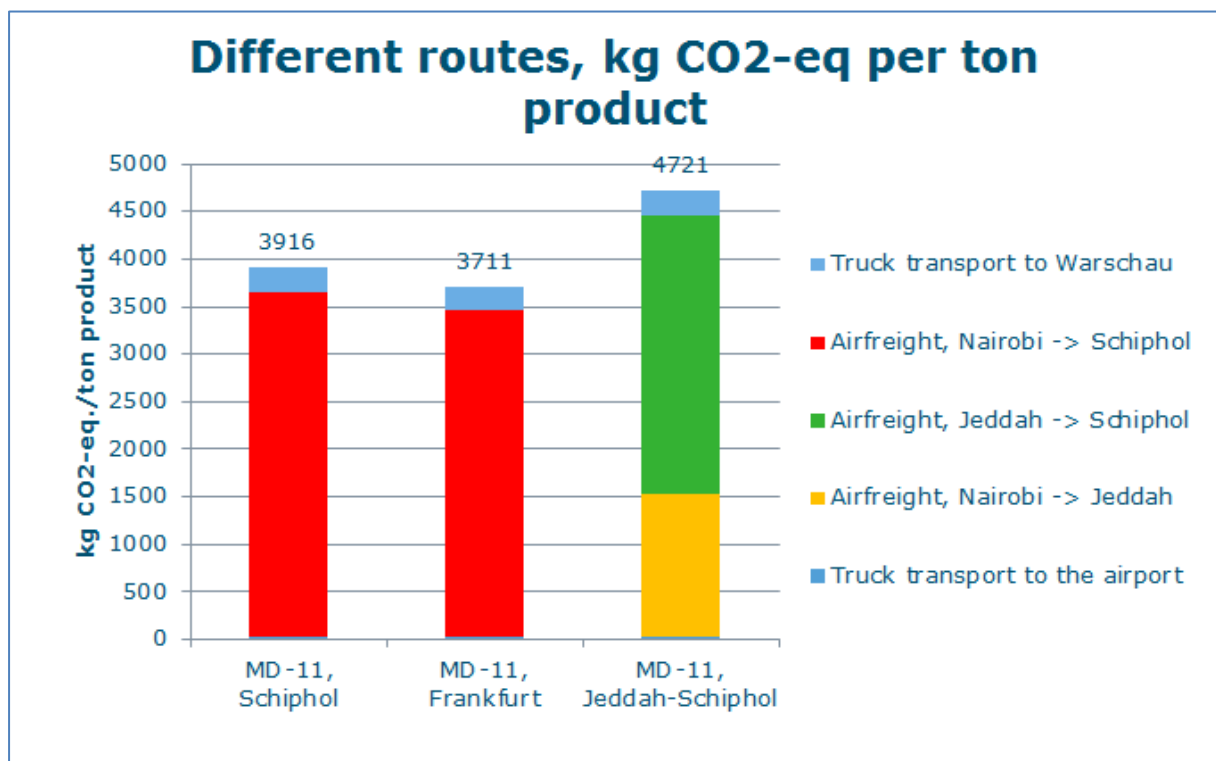
Scenario		: SB_KEN001									
Product		: Rozen									
Bestemming		: Warschau, Polen									
Retourvracht		: geen									
Transportmodaliteit		: luchtvracht (MD-11)									
Functionele eenheid		: ton									
Chain step description		From location	To location	Distance (km)	Time (hours)	Cooling specifications (electric / diesel / heavy fuel oil / uncooled)	Loading capacity (ton)	Utility rate on basis of weight (0-1)	Empty return factor (kmf = 0-1)	Loading weight (ton)	Emission (kg CO ₂ -eq / ton product)
1)	Cooled truck transport to the airport	Naivasha, Kenia	Nairobi, Kenia	100	2.5	Gekoeld; diesel	23.0	0.4	0.75	9.7	23
2)	Cooled cross-docking/storage at Nairobi terminal	Nairobi, Kenia			24	Gekoeld; elektrisch, buitentemperatuur >25°C					5
3)	Airfreight, uncooled, Nairobi -> Schiphol	Nairobi, Kenia	Schiphol, Nederland	6662	7.3		91.9	0.88	0	9.7	3618
4)	Cooled cross-docking/storage at Schiphol terminal	Schiphol, Nederland			1	Gekoeld; elektrisch, buitentemperatuur <25°C					0
5)	Cooled truck transport to Warschau	Schiphol, Nederland	Warschau, Polen	1199	17.1	Gekoeld; diesel	23.0	0.4	0.75	9.7	270
Totaal:										3916	

Tabel 8: Ketenbeschrijving vliegtuigroute via Frankfurt naar Warschau

Product		: Rozen									
Bestemming		: Warschau, Polen									
Retourvracht		: geen									
Transportmodaliteit		: luchtvracht (MD-11)									
Functionele eenheid		: ton									
Chain step description		From location	To location	Distance (km)	Time (hours)	Cooling specifications (electric / diesel / heavy fuel oil / uncooled)	Loading capacity (ton)	Utility rate on basis of weight (0-1)	Empty return factor (kmf = 0-1)	Loading weight (ton)	Emission (kg CO ₂ -eq / ton product)
1)	Cooled truck transport to the airport	Naivasha, Kenia	Nairobi, Kenia	100	2.5	Gekoeld; diesel	23.0	0.4	0.75	9.7	23
2)	Cooled cross-docking/storage at Nairobi terminal	Nairobi, Kenia			24	Gekoeld; elektrisch, buitentemperatuur >25°C					5
3)	Airfreight, uncooled, Nairobi -> Frankfurt	Nairobi, Kenia	Frankfurt, Germany	6301	6.9		91.9	0.88	0	9.7	3438
4)	Cooled cross-docking/storage at Frankfurt terminal	Frankfurt, Germany			1	Gekoeld; elektrisch, buitentemperatuur <25°C					0
5)	Cooled truck transport to Warschau	Frankfurt, Germany	Warschau, Polen	1088	15.5	Gekoeld; diesel	23.0	0.4	0.75	9.7	245
Totaal:										3711	

Tabel 9: Ketenbeschrijving transportroute via Jeddah en Schiphol naar Warschau

Scenario		: SB_KEN004									
Product		: Rozen									
Bestemming		: Warschau, Polen									
Retourvracht		: geen									
Transportmodaliteit		: luchtvracht (MD-11)									
Functionele eenheid		: ton									
Chain step description		From location	To location	Distance (km)	Time (hours)	Cooling specifications (electric / diesel / heavy fuel oil / uncooled)	Loading capacity (ton)	Utility rate on basis of weight (0-1)	Empty return factor (kmf = 0-1)	Loading weight (ton)	Emission (kg CO ₂ -eq / ton product)
1)	Cooled truck transport to the airport	Naivasha, Kenia	Nairobi, Kenia	100	2.5	Gekoeld; diesel	23.0	0.4	0.75	9.7	23
2)	Cooled cross-docking/storage at Nairobi terminal	Nairobi, Kenia			24	Gekoeld; elektrisch, buitentemperatuur >25°C					5
3)	Airfreight, uncooled, Nairobi -> Jeddah	Nairobi, Kenia	Jeddah, Saoedi Arabië	2556	3.0		91.9	0.88	0	9.7	1509
4)	Cooled cross-docking/storage at Jeddah terminal	Jeddah, Saoedi Arabië			0	Gekoeld; elektrisch, buitentemperatuur >25°C					0
5)	Airfreight, uncooled, Jeddah -> Schiphol	Jeddah, Saoedi Arabië	Schiphol, Nederland	4496	5.0		91.9	0.76	0	9.7	2914
	Cooled cross-docking/storage at Schiphol terminal	Schiphol, Nederland			1	Gekoeld; elektrisch, buitentemperatuur <25°C					0
	Cooled truck transport to Warschau	Schiphol, Nederland	Warschau, Polen	1199	17.1	Gekoeld; diesel	23.0	0.4	0.75	9.7	270
Totaal:											4721



Figuur 5: Verschil tussen transportroutes in Kg. CO2-eq. per ton product

3.2.2 *Verschillende transportroutes: samenvattend*

- De kortste vliegroute heeft ook de laagste CO₂-equivalent emissie
- Maar: Een vlucht met een Boeing 777-F via Jeddah naar Schiphol kent minder uitstoot dan een **directe vlucht** naar Schiphol uitgevoerd met een MD-11

3.3 Verschillende verpakkingen

Aannames:

- Verpakking:
 - o Emmers of fusten
 - o Enkel gebost en dubbel gebost
- Routes: Transport per vrachtwagen vanaf Schiphol naar Warschau
- Product: Rozen met een steellengte van 40 cm.



3.3.1 *Verschillende verpakkingen en beladingsgraad*

- Transporteren van rozen met een steellengte van 40 cm. in dozen, dus droog, levert een beladingsgraad op die 2,4 keer hoger is ten opzichte van transport in fusten of emmers, dus nat;

- Wanneer er droog vervoerd wordt en dubbel geboste dan levert dit een beladingsgraad op die zelfs 3,2 keer hoger ligt ten opzichte van enkel geboste rozen en nat vervoerd / emmers of fusten (steellengte 40 cm.)
- Het verschil tussen enkel en dubbel bossen leidt tot 35% meer rozen in een gemiddelde trailer.

Tabel 10: Verschillende aantallen rozen bij typen belading

Verpakking:	Inpakken:	Enkel	Dubbel
	Emmer/fust	Dozen	Dozen
Aantal rozen (x1000)	215	500	690
In vergelijking tot emmer/fust	100%	237%	321%

3.3.2 Verschillende verpakkingen en emissie

- Transport van rozen in dozen, d.w.z. droog vervoerd, levert een reductie in emissie op van 60% ten opzichte van transport in emmer/fust, d.w.z. nat vervoerd;
- Het dubbel bossen van rozen (is automatisch droog vervoer, dus in dozen) levert nog een extra reductie van 10% in de emissie op

Tabel 11: Ketenbeschrijving verpakkingstype 'Nat'

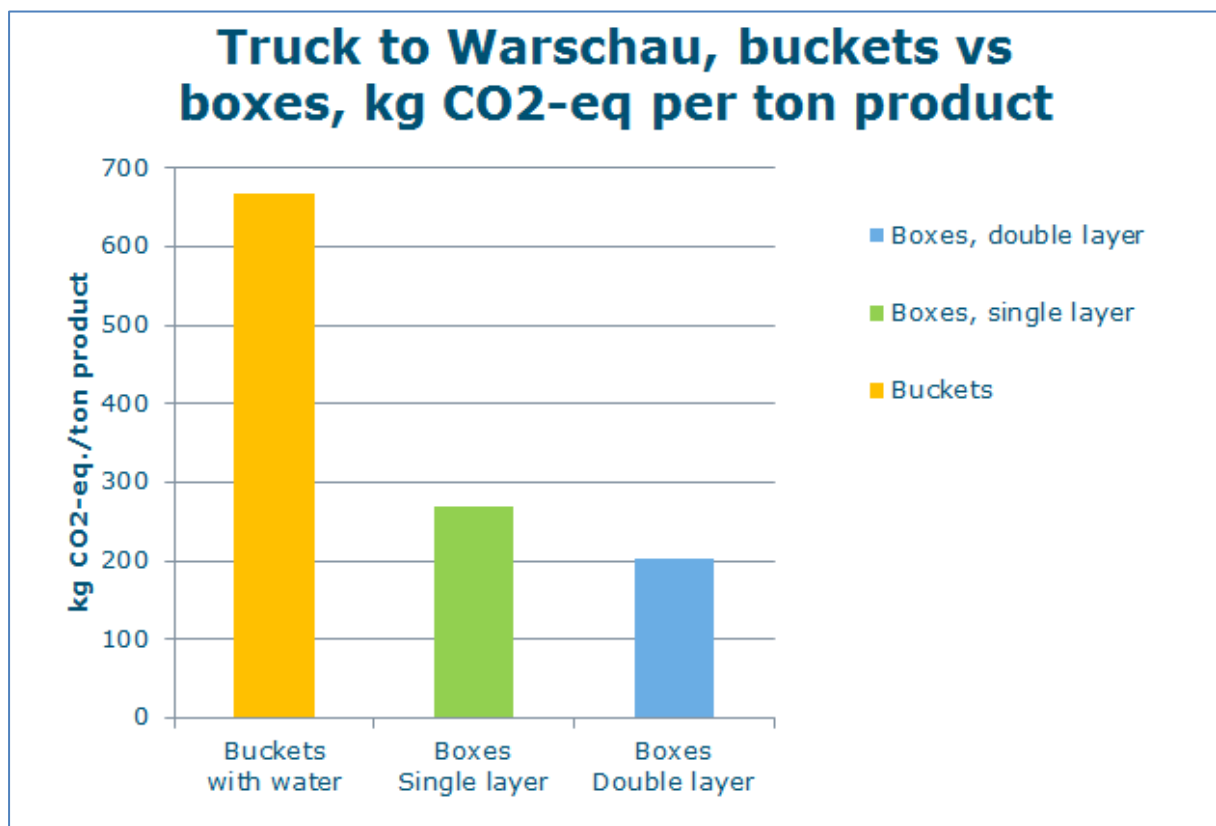
Scenario		PP_WAR001									
Product		Roses									
Bestemming		Warschau, Poland									
Retourvracht		nog te bepalen									
Transportmodaliteit		Vrachtwagen									
Functionele eenheid		Trailer									
Chain step description		From location	To location	Distance (km)	Time (hours)	Cooling specifications (electric / diesel / heavy fuel oil / uncooled)	Loading capacity (ton)	Utility rate on basis of weight (0-1)	Empty return factor (kmf = 0-1)	Loading weight (ton)	Emission (kg CO2-eq / ton product)
1)	Cooled truck transport, Buckets with water	Schiphol, Nederland	Warschau, Polen	1199	17	Gekoeld, diesel	23.0	0.71	0.75	16.3	668
Totaal:										668	

Tabel 12: Ketenbeschrijving verpakkingstype 'Enkel bossen'

Scenario		PP_WAR001									
Product		Roses									
Bestemming		Warschau, Poland									
Retourvracht		nog te bepalen									
Transportmodaliteit		Vrachtwagen									
Functionele eenheid		Trailer									
Chain step description		From location	To location	Distance (km)	Time (hours)	Cooling specifications (electric / diesel / heavy fuel oil / uncooled)	Loading capacity (ton)	Utility rate on basis of weight (0-1)	Empty return factor (kmf = 0-1)	Loading weight (ton)	Emission (kg CO2-eq / ton product)
1)	Cooled truck transport, Boxes, normal packing	Schiphol, Nederland	Warschau, Polen	1199	17	Gekoeld, diesel	23.0	0.42	0.75	9.7	270
Totaal:											270

Tabel 13: Ketenbeschrijving verpakkingstype 'Dubbel bossen'

Scenario		PP_WAR001									
Product		Roses									
Bestemming		Warschau, Poland									
Retourvracht		nog te bepalen									
Transportmodaliteit		Vrachtwagen									
Functionele eenheid		Trailer									
Chain step description		From location	To location	Distance (km)	Time (hours)	Cooling specifications (electric / diesel / heavy fuel oil / uncooled)	Loading capacity (ton)	Utility rate on basis of weight (0-1)	Empty return factor (kmf = 0-1)	Loading weight (ton)	Emission (kg CO2-eq / ton product)
1)	Cooled truck transport, Boxes, double packing	Schiphol, Nederland	Warschau, Polen	1199	17	Gekoeld, diesel	23.0	0.55	0.75	12.6	203
Totaal:											203



Figuur 6: Vergelijking ‘droog & nat’ en ‘enkel & dubbel gebost’ in wegtransport (Schiphol – Warschau) in Kg. CO2-eq.

3.3.3 *Verschillende verpakkingen: samenvattend*

Wegtransport in Europa (Schiphol – Warschau):

- Transport in dozen (= droog) levert een emissie reductie van 60% op ten opzichte van transport in emmer/fust (= nat);
- Dubbel bossen van rozen (in dozen, dus droog) levert een reductie van 25% emissie op ten opzichte van enkel bossen (in dozen, dus droog);
- Nat versus dubbel gebost en droog levert in totaal een reductie van bijna 70% emissie.
- Een vrachtwagen kan 50.000 stelen vervoeren wanneer dubbel gebost en in dozen. Dit is 3 keer meer dan wanneer de rozen nat vervoerd en dus emmers/fusten worden.

4 Conclusies, Aanbevelingen en Discussie

4.1 Conclusies & aanbevelingen

Het doel van het onderzoek en de analyses was

- het verkrijgen van inzicht in de huidige/bestaande sierteelt keten (= bloemen) vanuit Kenia naar Nederland (Schiphol) en/of Duitsland (Frankfurt) met natransport naar het land van bestemming (=Polen/Warschau) met focus op de CO₂-emmissie;
- De gevolgen m.b.t. CO₂-emmissie bij mogelijke veranderingen (verschillende scenario's – 9 analyses) binnen deze keten;
- Aanbevelingen m.b.t. deze genoemde veranderingen.

Het gevraagde inzicht is in hoofdstuk 3 gegeven, zowel voor de huidige situatie als de verschillende scenario. Op basis van deze inzichten worden hier onder enkele algemene conclusies getrokken. Vervolgens worden de gevraagde aanbevelingen gedaan.

4.1.1 *Luchtvracht*

De totale uitstoot gedurende de volledige vrachtlucht uitgevoerd met een Boeing 777-F via Jeddah naar Schiphol is lager in vergelijking met een vrachtlucht uitgevoerd door een MD-11 rechtstreeks naar Schiphol. Het voordeel op basis van CO₂-eq. wordt puur bepaald door het vliegen op deze route met dit nieuwere vliegtuigtype, kortom het 'verbruik' en laadcapaciteit van de Boeing 777-F. Dit 'emissievoordeel' gaat bij de inzet van het zelfde type vrachtvliegtuig op de andere routes daarmee verloren.

Kortom, het emissievoordeel dat in de huidige situatie zichtbaar is bij de inzet van de Boeing 777-F op de vluchten via Jeddah zal verdwijnen wanneer er ook met dit type vliegtuig rechtstreeks op Schiphol of Frankfurt wordt gevlogen. Daarmee zou dit nadeel voor vluchten rechtstreeks op Schiphol verdwijnen, sterker nog voordelig worden omdat de analyse liet zien dat de vluchtroute met de meeste vliegkilometers en 2 keer opstijgen, dat wil zeggen de route via Jeddah, de hoogste CO₂-equivalent emissie per ton product kent bij vergelijkbare vliegtuigtypen. Echter het inzetten van een ander type vliegtuig is een (investerings)beslissing die bij de vliegtuigmaatschappijen ligt waar verladers (importeurs, exporteurs, producenten) minder invloed op hebben.

4.1.2 *Wegtransport*

Het *droog* vervoeren van bloemen (*dubbel gebost, steellengte 40 cm.*) is, kijkend naar de emissie, de meest geschikte wijze van transporteren. Dit geldt voor al het wegtransport, dat wil zeggen dat dit zowel geldt voor transport vanaf Schiphol als vanaf Frankfurt.

Kortom, het voordeel van droog en dubbel gebost wegtransport is niet specifiek voor een betreffende transportroute over de weg, dus géén specifiek voordeel voor transport vanuit Schiphol/Nederland.

4.1.3 *CO₂-emissie in de totale sierteeltketen van Kenia naar Polen*

Het onderzoek brengt naar voren dat het wegtransport voor slechts een zeer klein deel verantwoordelijk is voor de totale CO₂-emissie (zie Tabel 7, Tabel 8 en Tabel 9). Met andere woorden, de grootste CO₂-emissie 'winst' zit in een verlaging van het langeafstand transport dat door de lucht plaatsvindt (zie ook paragraaf 4.1.1 en de discussie in paragraaf **Fout!**

Verwijzingsbron niet gevonden.)

4.1.4 *Overall conclusie m.b.t. CO₂-emissie*

Wanneer CO₂-emissie als leidraad wordt genomen kan voor de huidige situatie geconcludeerd worden dat de uitstoot tijdens het luchttransport het meeste bijdraagt aan de totale CO₂-emissie van de gehele transport keten. Verbeteringen tot verlaging van de totale CO₂-emissie van de transportketen moeten dan ook gericht zijn op luchttransport. Het huidige verschil tussen de route via Jeddah of rechtstreeks naar Schiphol valt bij gelijk transportmiddel positief uit voor rechtstreeks naar Schiphol, waar dat nu in het voordeel is van het vliegen via Jeddah. En hierbij is de inzet van het type vliegtuig in combinatie met de beladingsmogelijkheden dus van doorslaggevend belang. Echter, het inzetten van een ander type vliegtuig is een (investerings)beslissing die bij de vliegtuigmaatschappijen ligt waar verladers (importeurs, exporteurs, producenten) minder invloed op hebben.

Kijken we echter naar het wegtransport sec, dan is de transitie van 'nat' transport naar 'droog' transport zeer gunstig. Dit wordt zelfs nog gunstiger wanneer er in plaat van 'enkel', 'dubbel' gebost gaat worden.

4.2 Aanbevelingen

- Zoeken naar veranderingen in het langeafstand transport: Bovenstaande conclusies geven aan dat in de huidige keten waarbij gebruik wordt gemaakt van het vervoer van sierteeltproducten door de lucht de focus moet liggen op dit transport wanneer reductie van CO₂-emissie leidend is.
In paragraaf 1.1 is aangegeven dat de export van bederfelijke producten een trend kent die zich steeds meer richt op het transporteren door andere modaliteiten dan via de lucht. Kosten (standaard hoge kosten van vliegtuigtransport, brandstofkosten, wellicht CO₂-taks, et cetera) in combinatie met duurzaamheidseisen van verladers en klanten (Carbon footprint) en technologische ontwikkelingen (zowel voor wat betreft containers, verpakkingen, maar ook teeltwijzen, et cetera) maakt dit steeds meer mogelijk. Voor Kenia geldt echter dat de modal shift van vliegen naar zeetransport niet op de zeer korte termijn gerealiseerd zal worden (er lopen momenteel enkele projecten: GreenCHAINge en Qcotrans). De resultaten uit genoemde onderzoeken zijn veelbelovend en daarmee lijkt droogvervoer via zeetransport i.p.v. transport via lucht haalbaar. Dit zal niet alleen een positieve weerslag hebben op CO₂-eq., maar ook op de transportkosten. Dit laatste is zeker van belang als gekeken wordt naar de transportroute die via Jeddah gaat. Kijkend

naar CO₂-eq. is al geconcludeerd dat deze transportroute als beste naar voren komt door inzet van het nieuwste vliegtuigtype (B777-F). Maar de stakeholders hebben ook aangegeven dat deze route interessant is vanwege kosten omdat in Jeddah relatief goedkope brandstof aan boord genomen kan worden. Dit kostenaspect zou ook blijven spelen wanneer op de rechtstreekse routes naar Schiphol gevlogen zou gaan worden met de B777-F. De transitie naar zeetransport zou dus niet enkel op basis van CO₂-eq. maar ook o.b.v. kosten een serieus alternatief zijn.

- Droogvervoer / CO₂-emissie: onderzoek heeft aangetoond dat rozen -met behoud van kwaliteit/vaasleven- droog vervoerd kunnen worden. Dit heeft grote positieve impact op de CO₂ emissie voor het transport per steel zoals ook dit onderzoek laat zien. Vervolgonderzoek naar het droogvervoer van andere sierteeltproducten lijkt dan ook zeer relevant. Wanneer vergelijkbare resultaten te behalen zijn is er tevens vergelijkbaar milieuwinst te boeken.
- Droogvervoer / achterlandpenetratie: De mogelijkheid om sierteeltproducten droog te kunnen transporteren, maakt het mogelijk om het betreffende sierteeltproduct economisch rendabel verder het achterland in te transporteren omdat er bijvoorbeeld voor rozen geldt dat er 2,4 keer zo veel rozen in een vrachtwagen passen waardoor de transportkosten ook richting van een verlaging van 2,4 keer lager per steel gaan. Het onderzoeken van deze mogelijkheden is aan te bevelen.
- Focus op meer dan CO₂-emissie en kosten: Hoewel het niet als onderzoeksvraag of doel is meegenomen in deze studie is tijdens gesprekken met stakeholders en op basis van ervaringen uit ander onderzoek uitgevoerde door betrokkenen naar voren gekomen dat de kracht van Nederland en transport naar Schiphol voor een heel belangrijk deel zit in (1) snelle afhandeling, (2) kennis van product, (3) markttoegang. Daarbij moet voorkomen worden dat, in vergelijking met andere landen, de fytosanitaire controles de doorlooptijd van de keten te veel vertragen. Daarbij gaat het dus met name om de kracht van Schiphol ten opzichte van concurrerende luchthavens als Frankfurt.

Literatuur

- [1] A Study on the Kenyan – Dutch Horticultural Supply Chain, The Dutch Ministry of Economic Affairs, Agriculture & Innovation, (Publication prepared by Hortiwise, in collaboration with FlowerWatch B.V.), May 2012
- [2] PAS 2050:2011, Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services, BSI, 2011
- [3] Blonk, H., Kool, A., Luske, B., Ponsioen, T., Scholten, J., Berekening van broeikasgasemissies door de productie van tuinbouwproducten; verkenning en oplossing van methodiekvragen ten behoeve van de ontwikkeling van het Nederlands carbon footprint protocol voor tuinbouwproducten, Blonk Milieuadvies, 2009
- [4] Kalivoda, M.T., Kudrna, M., Methodologies for estimating emissions from air traffic, Deliverable N° 18, COST 319 action, 1997
- [5] Duin, drs. R. van, Geerlings, prof. dr. H., juli 2010. A new method for assessing CO₂-footprints of container terminals in port areas: case studies applied in the Netherlands. Erasmus Universiteit Rotterdam / Technische Universiteit Delft.
- [6] Duin, drs. R. van, Geerlings, prof. dr. H., april 2012. A new method for assessing CO₂-footprints of container terminals in port areas. Presentatie Erasmus Universiteit Rotterdam / Technische Universiteit Delft.
- [7] Duin, drs. R. van, Geerlings, prof. dr. H., april 2012. Verslag van de Erasmus Port ontbijtsessie: wat is de carbon footprint van containerterminals? Erasmus Smart Port, Rotterdam.

Samenvatting

De handel in bloemen tussen Kenia en Nederland is zeer dynamisch en verstrekt voor een grote groep van consumenten in Europa en daarbuiten de verse bloemen. Nederland is daarin Europa's belangrijkste 'toegangspoort' voor deze bloemen. Kwaliteitsbloemen, vooral rozen, zijn uitgegroeid tot een van Kenia's grootste exportproducten waarvan vele duizenden mensen voor hun werk en inkomen afhankelijk zijn. Voor Kenia geldt echter dat de modal shift van vliegen naar zeetransport niet op de zeer korte termijn gerealiseerd zal worden (er lopen momenteel enkele projecten: GreenCHAINge en Qcotrans). Daarom is het voor de bloemensector in Kenia van belang om:

- 1) de huidige keten die (nog) afhankelijk is van vervoer via de lucht zo optimaal mogelijk in te richten met een focus op –in het kader van dit onderzoek– CO₂-emissies.
- 2) Waarbij deze focus op CO₂-emissies voor de betrokken stakeholders en de sector tevens een stap is in de richting van de modal shift naar zeetransport.

Het doel is het verkrijgen van inzicht in de huidige/bestaande sierteelt keten (= bloemen) vanuit Kenia naar Nederland (Schiphol) en/of Duitsland (Frankfurt) met natransport naar het land van bestemming (=Polen/Warschau) met focus op de CO₂-emissie. De gevolgen m.b.t. CO₂-emissie bij mogelijke veranderingen (zie hier onder) binnen deze keten en aanbevelingen m.b.t. deze genoemde veranderingen. Deze veranderingen betreffen:

- i. Vliegroutes
- ii. Vliegtuigtypen
- iii. Beladings-/verdichtsgraad

Binnen dit onderzoek is ervoor gekozen om broeikasgasemissies tijdens transport, koeling en bewaring, te berekenen voor een aantal cases met behulp van het 'Nederlandse Tuinbouw Carbon footprint protocol' en de aanvullingen hierop gemaakt door Wageningen UR - AFSG. Deze keuze is gemaakt, omdat 'het Nederlandse Tuinbouw Carbon footprint protocol' aansluit bij de PAS2050.

Wanneer CO₂-emissie als leidraad wordt genomen kan voor de huidige situatie geconcludeerd worden dat de uitstoot tijdens het luchttransport het meeste bijdraagt aan de totale CO₂-emissie van de gehele transport keten. Verbeteringen tot verlaging van de totale CO₂-emissie van de transportketen moeten dan ook gericht zijn op luchttransport. Het huidige verschil tussen de route via Jeddah of rechtstreeks naar Schiphol valt bij gelijk transportmiddel positief uit voor rechtstreeks naar Schiphol, waar dat nu in het voordeel is van het vliegen via Jeddah. En hierbij is de inzet van het type vliegtuig in combinatie met de beladingsmogelijkheden dus van doorslaggevend belang. Echter, het inzetten van een ander type vliegtuig is een (investerings)beslissing die bij de vliegtuigmaatschappijen ligt waar verladers (importeurs, exporteurs, producenten) minder invloed op hebben.

Kijken we echter naar het wegtransport sec, dan is de transitie van 'nat' transport naar 'droog' transport zeer gunstig. Dit wordt zelfs nog gunstiger wanneer er in plaats van 'enkel', 'dubbel' gebost gaat worden.

Aanbevelingen zijn dan ook om te zoeken naar veranderingen in het langeafstand transport. Te denken valt aan de modal shift van luchtvracht naar zeevracht. Een transitie die al ingezet is. Daarnaast biedt het droogvervoer/dubbel gebost mogelijkheden om de marktpenetratie richting het achterland te vergroten omdat de transportkosten per steel aanzienlijk omlaag gaan (een factor 2 minimaal).

Bijlage(n)

Presentatie 23 Mei 2013, Schiphol

A comparison of freight transport CO₂-eq emissions

The horticultural supply chain Kenya-Europe

2013 May 23th, Jim Groot, Joost Snels, Eelke Westra



 FOOD & BIOBASED RESEARCH
WAGENINGEN UR

Project aim and demarcation

- Provide knowledge on CO₂-eq emission for airfreight of roses from Kenya to the European markets
- Enhance the competitiveness of the Kenyan-Dutch horticultural supply chain
- Project partners: Hortiwise, Ministry of Economic Affairs



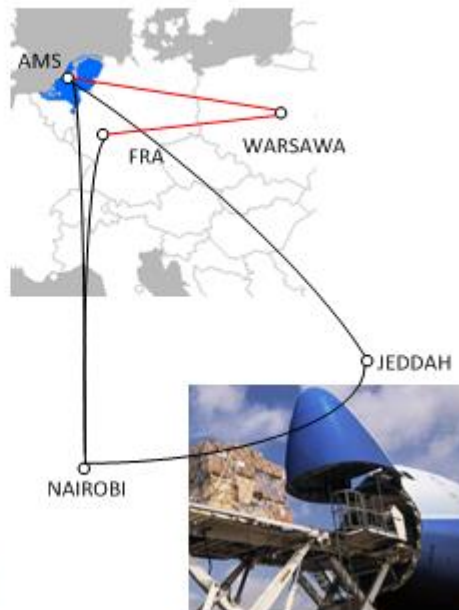
 FOOD & BIOBASED RESEARCH
WAGENINGEN UR

Presentation today

- Methodology
- Different airplanes
- Different routes
- Different packing



FOOD & BIOBASED RESEARCH
WAGENINGEN UR



Methodology - Carbon footprint approach

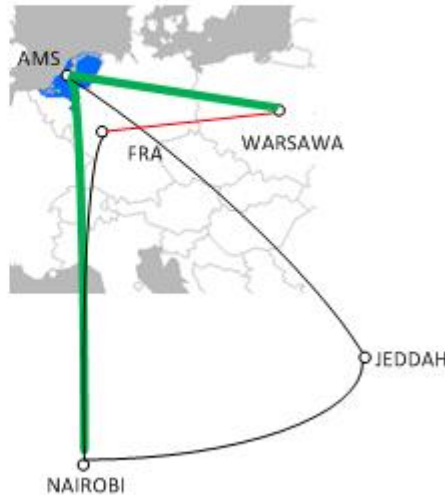
- Expressed in CO₂ equivalents
 - Unit to compare the effect of different greenhouse gasses with the effect of CO₂ on climate change
 - $\text{CO}_2\text{-eq} = 1 \times \text{CO}_2 + 298 \times \text{N}_2\text{O} + 25 \times \text{CH}_4$
- Existing protocols and methods:
 - VENLOG, PAS 2050, CO₂-tool PT, EcoTransit, STREAM, Compact en Droog, Greenrail3

FOOD & BIOBASED RESEARCH
WAGENINGEN UR



Different airplanes - assumptions

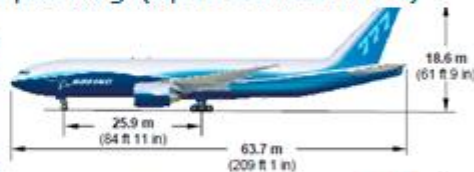
- Airplanes:
 - MD-11,
 - 747-400F,
 - 777F
- One route
- Mix of short and long routes (70-30)
- Transport from grower until Warschau



Different airplanes - load

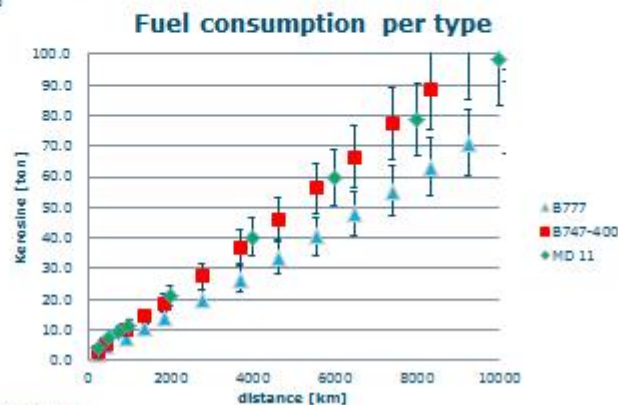
- 777 best suited
 - No extra weight needed to reach max payload
- MD-11: more load per m³ ->
 - best suited for double packing (upto 35% of load)

	Max load (ton)	Load (ton)	Load factor
MD-11	91.9	80.6	88%
747-400F	112.7	107.0	95%
777F	102.9	98.7	96%



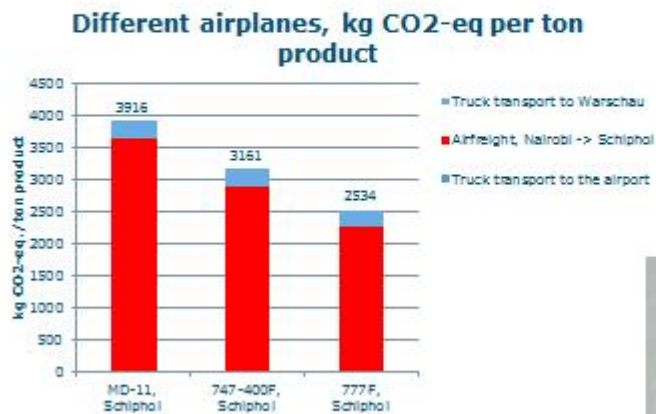
Different airplanes - fuel use

- 747-400F and MD-11 have the highest total kerosene consumption.
- Fuel consumption on bases of Kalidova en Kudrna (1997). This estimation has an error of 15%



Different airplanes – results emission

- 777 lowest CO₂-eq, 35% less then MD-11



Different airplanes - concluding remarks

- 747-400F highest load
- 777F lowest fuel use
- 777F lowest CO₂-eq emission



Different routes - assumptions

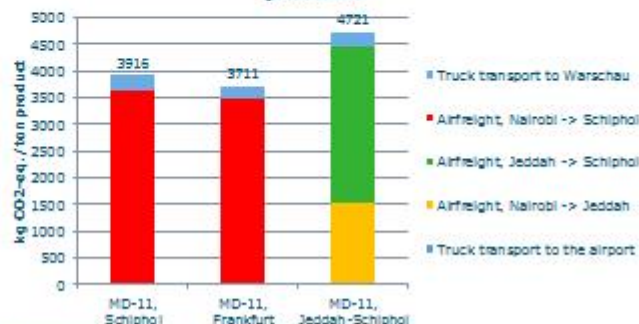
- routes:
 - Nairobi - Schiphol,
 - Nairobi - Frankfurt,
 - Nairobi - Jeddah - Schiphol
- Mix short / long roses (70-30)
- Truck transport to Warschau



Different routes – results emission

- Longest distance and 2 times take-off, via Jeddah highest CO₂-eq emission per ton product
- 777F via Jeddah to AMS has less emissions than MD-11 direct to AMS!

Different routes, kg CO₂-eq per ton product



Different routes - concluding remark

- Shortest route has lowest CO₂-eq emission
- BUT:
 - 777F through Jeddah and
 - MD-11 direct flight to Schiphol?

Different packing - assumptions

- Packing:
 - Buckets
 - Single layer packing
 - Double layer packing
- Route: truck transport to Warschau
- Product: short roses



Different packing - load

- Transport in boxes 2.4 times more short roses per trailer.
- Double layer packing even 3.2 times more.
- Double versus single layer: 35% more roses per trailer

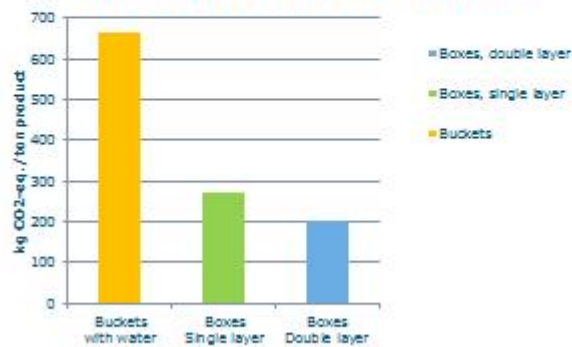
Packing:		Single	Double
Packaging:	Buckets	Boxes	Boxes
Number of roses (x1000)	215	500	690
Compared with buckets	100%	237%	321%



Different packing – results emission

- Boxes 60% less emission compared with buckets
- Double layer packing another 10% reduction

Truck to Warschau, buckets vs boxes, kg CO₂-eq per ton product



Different packing - concluding remark

- Truck transport in Europe:
 - Boxes about 60% less emission (and cost?)
 - Double layer packing 35% lower emission compared with single layer packing
 - One truck, 50.000 bunches,
More than 3x roses in one truck!

Opmerking

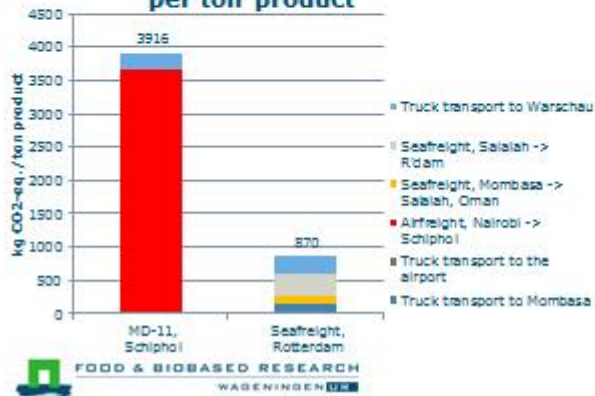
Volgende slides komen uit eerder onderzoek. De resultaten zijn NIET verkregen uit onderhavig onderzoek en maken daar ook géén onderdeel van uit. Voor de volledigheid is er echter wel voor gekozen om de gehele presentatie op te nemen in de bijlage van dit rapport.

Previous research:

Different modalities – results emission

- Seafreight 75% less CO₂-eq per ton product

Airfreight vs Seafreight, kg CO₂-eq per ton product



Different modalities - concluding remark

- Modality shift to seafreight:
 - Lower cost
 - Lower emission
 - Same quality
 - Redesign of supply chain

Conclusions

- Airfreight:

777F through Jeddah has lower emission compared with MD11 direct to Schiphol
Risk for mainport Schiphol?

- Truck transport:

'Dry' (double layer packed) transport best way for Dutch supply chain partners to compete within Europe

- Previous research, Modalities:

Seafreight best way to sustainable improve the Kenya-Dutch horticultural supply chain, redesign needed



Questions

Contact:

jim.groot@wur.nl

0317-483827



Transshipping port-/railterminal

De emissies als gevolg van laden en lossen spelen een rol in multimodaal transport. Deze emissies moeten dan ook worden meegerekend in de berekening van de verschillende transportsenario's. De onderstaande energie verbruikscijfers voor container overslag zijn ontleend aan het onderzoek door H. Geerlings en R. van Duin in 2010 'A new method for assessing CO₂-footprints of container terminals in port areas; case studies applied in the Netherlands'.

Tabel 14: Transshipping port terminal

	PORT TERMINAL EUROPE		verbruik per container beweging		Aandeel per modaliteit			kWh verbruik per container		
			verbruik / cont.	Variabel	ZEE	WEG	RAIL	ZEE	WEG	RAIL
			beweging	verbruik						
Elektrisch	Quay Crane	QC	6 kWh		1	0	0	6	0	0 kWh
	Barge Crane	BC	4 kWh		0	0	0	0	0	0 kWh
	Rail Crane	RC	5 kWh		0	0	1	0	0	5 kWh
	Automated Stacking Crane	ASC	5 kWh		1	1	1	5	5	5 kWh
	Railmounted Stacking Crane	RSC	7,25 kWh		0	0	0	0	0	0 kWh
	Platform	P	5 kWh		0	0	0	0	0	0 kWh
EF elektriciteitsproductie EU-27			421 g/kWh				11	5	10 kWh	
						4631	2105	4210 g CO2		
Diesel	Automated Guided Vehicle	AGV	1,1 liter	1,8 ltr/km	1	0	0	diesel verbruik per container:		
	Straddle Carrier	SC	0,8 liter	3,5 ltr/km	0	1	1	1,1	0,0	0,0 liter
	Terminal Tractors	TT		4 ltr/km	0,02	0	0,02	0,0	0,8	0,8 liter
	Multi Trailer Systems	MTS		4,2 ltr/km	0	0	0,2	0,1	0,0	0,1 liter
	Reach Stacker / Top Lifter	RS		5 ltr/km	0,02	0,02	0,02	0,0	0,0	0,8 liter
								0,1	0,1	0,1 liter
omrekenfactor			0,833 kg/ltr				1,28	0,90	1,82 ltr.	
stookwaarde diesel			42,700 MJ/kg				1,07	0,75	1,52 kg	
emissiefactor diesel			73,6 g CO2/MJ				45,55	32,03	64,76 MJ	
						3352	2357	4766 g CO2		
			Totaal CO2 emissie per transshipping per modaliteit: per container:					7983	4462	8976 g CO2
			per TEU:					3992	2231	4488 g CO2
	PORT TERMINAL AFRICA		verbruik per container beweging		Aandeel per modaliteit			kWh verbruik per container		
			verbruik / cont.	Variabel	ZEE	WEG	RAIL	ZEE	WEG	RAIL
			beweging	verbruik						
Elektrisch	Quay Crane	QC	6 kWh		1	0	0	6	0	0 kWh
	Barge Crane	BC	4 kWh		0	0	0	0	0	0 kWh
	Rail Crane	RC	5 kWh		0	0	1	0	0	5 kWh
	Automated Stacking Crane	ASC	5 kWh		1	1	1	5	5	5 kWh
	Railmounted Stacking Crane	RSC	7,25 kWh		0	0	0	0	0	0 kWh
	Platform	P	5 kWh		0	0	0	0	0	0 kWh
EF elektriciteitsproductie Africa			548 g/kWh				11	5	10 kWh	
						6028	2740	5480 g CO2		
Diesel	Automated Guided Vehicle	AGV	1,1 liter	1,8 ltr/km	1	0	0	diesel verbruik per container:		
	Straddle Carrier	SC	0,8 liter	3,5 ltr/km	0	1	1	1,1	0	0 liter
	Terminal Tractors	TT		4 ltr/km	0,02	0	0,02	0	0,8	0,8 liter
	Multi Trailer Systems	MTS		4,2 ltr/km	0	0	0,2	0,1	0,0	0,1 liter
	Reach Stacker / Top Lifter	RS		5 ltr/km	0,02	0,02	0,02	0,0	0,0	0,8 liter
								0,1	0,1	0,1 liter
omrekenfactor			0,833 kg/ltr				1,28	0,90	1,82 ltr.	
stookwaarde diesel			42,700 MJ/kg				1,07	0,75	1,52 kg	
emissiefactor diesel			73,6 g CO2/MJ				45,55	32,03	64,76 MJ	
						3352	2357	4766 g CO2		
			Totaal CO2 emissie per transshipping per modaliteit: per container:					9380	5097	10246 g CO2
			per TEU:					4690	2549	5123 g CO2

Tabel 15: Emissiefactoren elektriciteit

Nederland	518 g/kWh	Bron: Eurelectric 2010 - Power Statistics, 2010 edition
Spanje	230 g/kWh	
Zweden	12 g/kWh	
Noorwegen	16 g/kWh	
Duitsland	461 g/kWh	
Italië	449 g/kWh	
Frankrijk	47 g/kWh	
Finland	237 g/kWh	
Polen	795 g/kWh	
Turkije	532 g/kWh	
Rusland	616 g/kWh	Bron: IFEU Heidelberg - EcoTransIT World: Methodology and Data - update July 2011
Afrika (default)	548 g/kWh	
Centraal & Zuid Amerika (default)	225 g/kWh	
Asia & Pacific	763 g/kWh	

In de EU wordt elektriciteit langs verschillende routes voortgebracht zoals met behulp van kolen, gas, nucleair, water, etc. Er zijn verschillende informatiebronnen voor de productie van elektriciteit en de samenstelling van de energiebronnen, waaronder Internationaal Energy Agency, Eurelectric, maar ook van de olie en automotive industrie en onafhankelijke instituten. Hieronder zijn een aantal van die bronnen weergegeven voor wat betreft de EF voor de productie van elektriciteit in de EU-27, de zgn. "EU-mix".

Op basis van de aannames en methodiek zoals die door CE Delft in de laatste update van het STREAM rapport zijn opgenomen, is de emissiefactor voor elektriciteitsproductie in Europa voor het basisjaar 2009 bepaald op (bron: CE Delft STREAM, 2011):

$$\text{CO}_2 \text{ EF (2009)} = 421 \text{ g/kWh}$$