ATO

HenK en Aladin

Sprookjes over houdbaarheid

Januari 2003

Vertrouwelijk

E.H. Westra



WAGENINGEN UR

ATO

HenK en Aladin

Sprookjes over houdbaarheid

Januari 2003

Vertrouwelijk

E.H. Westra

ATO B.V.
Agrotechnologisch Onderzoeksinstituut
Bornsesteeg 59
Postbus 17
6700 AA Wageningen
Tel: 0317-475024
Fax:0317-475347

2250788

Voorwoord

Dit rapport beschrijft de ontwikkeling van het kennissysteem en simulatieprogramma Aladin. Geestelijk vader van Aladin is Andries Hoogerwerf. Dit was tevens mijn kamergenoot op ATO. Twee weken na het begin van dit onderzoek ging Andries op vakantie. Tijdens zijn vakantie is hij komen te overlijden aan de gevolgen van suikerziekte.

Wageningen, januari 2003

Eelke Westra

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van ATO B.V.

Samenvatting

Bij ATO is momenteel het kennissysteem en simulatieprogramma Aladin in ontwikkeling. Aladin staat voor **A**gro **L**ogistic **A**nalysis and **D**esign **In**strument. Aladin is een applicatie binnen het softwarepakket Enterprise Dynamics van Incontrol. Met dit instrument kan kwaliteitsverloop agroketens gesimuleerd worden.

Uit het project Houdbaarheid en Koeling (HenK) zijn modellen beschikbaar gekomen die het kwaliteitsverloop nauwkeurig kunnen beschrijven op basis van omgevingsfactoren. De modellen voor paprika zijn gebruikt om Aladin verder te ontwikkelen, omdat deze een lineair verband hebben. Het kwaliteitsverloop van paprika is sterk afhankelijk van temperatuur en luchtvochtigheid. Deze omgevingsfactoren zijn samen te beschrijven met het dampdrukdeficit (DDD). Het DDD wordt gebruikt om het kwaliteitsaspect gewichtsverlies en daarmee het stevigheidsverlies van paprika te kunnen voorspellen. Een ander aspect dat invloed heeft op de houdbaarheid van paprika is lage temperatuur bederf (LTB). Het verlies in houdbaarheid onder invloed van LTB wordt bepaald door de temperatuur. Aspecten als rot en verkleuring kunnen ook worden bepaald. Hier zijn nog geen modellen van beschikbaar.

De modellen uit Henk zijn in Aladin geïmplementeerd. Het kwaliteitsverloop wordt aan de hand van de modellen per ketenschakel berekend. Het kwaliteitsverloop is afhankelijk van het verloop van de diverse aspecten. Er is altijd één aspect beperkend en daarmee bepalend voor de houdbaarheid van het product.
In Aladin is eveneens de variatie van omgeving en product gemodelleerd. Hierdoor kan er een spreiding worden aangebracht in de resultaten afhankelijk van de variatie.

Uit experimenten blijkt dat met Aladin geen voorspellingen gedaan kunnen worden over de absolute houdbaarheid van producten. Aladin is wel een goed instrument om verschillende agroketens met elkaar te vergelijken op basis van productkwaliteit. Ook blijkt dat er een verschil zit in de offset van de modelvergelijkingen.

Naast productkwaliteit zijn de kosten een belangrijke prestatieindicator van een logistieke agroketen. De ketenschakels waarmee Aladinmodellen opgebouwd kunnen worden zijn allen activiteiten in de keten. Dit maakt Activity Based Costing (ABC) een goede mogelijkheid om de kosten van een keten te kunnen uitrekenen. ABC rekent de kosten toe aan activiteiten, die op hun beurt veroorzaakt worden door een zogenaamde kostentrekker. ABC geeft niet de absolute kosten van een keten, omdat kosten die niet direct een activiteit worden toegewezen, bijvoorbeeld administratie, buiten deze methode blijven. Hiervoor moet eventueel een schatting worden gedaan.

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

Inhoud

pagina

Voorwoord i
Samenvatting ii
Inhoud iii
1 Inleiding 1
2 Doelstelling Onderzoek 1
3 HenK 2
3.1 Kwaliteit en Houdbaarheid 2
3.2 Kwaliteit van Paprika 3
3.2.1 Dampdrukdeficit 4
3.2.2 Stevigheid en Gewichtsverlies 5
3.2.3 Rot en Schimmel 7
3.2.4 Rimpels 7
3.2.5 LTB 7
4 Aladin 8
4.1 Implementatie HenK Model 9
4.2 LTB 10
4.3 Kwaliteitsverloop 11
4.4 Variatie 11
4.4.1 Omgevingsvariatie 12
4.4.2 Productvariatie 13
5 Vergelijking HenK en Aladin 14
5.1 HenK experiment 14
5.2 Aladin Model 14
5.3 Resultaten 15
5.4 Conclusies 16
6 Kosten in Aladin 17
6.1 Activity Based Costing 17
6.2 Kosten in Aladin 18
7 Toegevoegde Atomen 20
7.1 Reefer 20
7.2 Truck en Truck Shuttle 20
7.3 Fast Container Warehouse en T-Store Containers 20
Literatuur 21

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

1 Inleiding

Bij ATO is momenteel een kennissysteem in ontwikkeling dat een agrologistieke keten kan analyseren en herinrichten, genaamd Aladin. Aladin staat voor **A**gro **L**ogistic **A**nalysis en **D**esign **In**strument. Met Aladin kan bijvoorbeeld het kwaliteitsverloop van een agroproduct in een agroproces worden gesimuleerd. Dit kwaliteitsverloop wordt gemodelleerd met een benadering van een differentiaal vergelijking (Milossordov, 2002). Dit zijn globale modellen op basis van temperatuur. Processen zoals transport, gekoelde opslag en verpakken worden ook gesimuleerd. Prestatieindicatoren als capaciteitsbenutting en uiteindelijke houdbaarheid kunnen onderzocht worden, maar ook logistieke vraagstukken als wachtrijen en voorraadhoogtes. Een belangrijke indicator die ontbreekt zijn de kosten in de keten.
Tevens is bij ATO het project: Houdbaarheid en Koeling (HenK) gaande. HenK geeft inzicht in exacte kwaliteitsontwikkeling van allerlei producten wanneer deze: optimaal, niet optimaal of niet gekoeld worden. Deze kwaliteitsontwikkeling van producten is in diverse modellen ondergebracht.

2 Doelstelling Onderzoek

Doelstelling van dit onderzoek is om Aladin te verbeteren met de kwaliteitsmodellen uit Henk. Hiervoor zijn de modellen van het product paprika gekozen. De modellen van paprika zijn betrekkelijk eenvoudig en goed te modelleren in Aladin (lineair).

Binnen dit onderzoek moet een structuur worden aangegeven, waarin in Aladin de kosten van de processen in de keten berekend kunnen worden. Dit is één van de belangrijkste prestatieindicatoren van een keten.

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van ATO B.V.

3 HenK

Het project Houdbaarheid en Koeling (HenK) moet inzicht geven in exacte kwaliteitsontwikkeling van allerlei producten wanneer deze: optimaal, niet optimaal of niet gekoeld worden. Hiertoe zijn brede screenings verricht naar optimale werkwijzen in diverse afzetketens. Deze kennis is nodig om o.a.:

- De inrichting van logistieke centra te adviseren,
- Een visie te hebben op de beste locatie(s): centraal of decentraal,
- Het kwaliteitseffect van effectief koelen bij de teler te kunnen bepalen,
- De ontwerpeisen van een nieuw koelsysteem te kunnen formuleren,
- Geïntegreerde verpakkingsconcepten te ontwikkelen die effectieve koeling of isolatie mogelijk maken,
- Criteria voor gecertificeerde handelwijzen te kunnen onderbouwen als basis voor protocollen,
- Een onderbouwde visie op kwaliteit en conditionering te hebben: bijv. Een classificatiesysteem in enkele groepen.

Uit dit project zijn de resultaten van paprika voor dit onderzoek gebruikt. In de volgende paragraven worden de kwaliteitsaspecten en de berekening hiervan behandeld.

3.1 Kwaliteit en Houdbaarheid

De productkwaliteit wordt bijna altijd weergegeven door de houdbaarheid van een product. De houdbaarheid van een product is de tijd dat een product nog aan de gestelde kwaliteitseisen van een gebruiker voldoet. Voldoet een product niet, dan wordt het als niet langer houdbaar beschouwd. De houdbaarheid wordt door drie factoren beïnvloed:

1. De grondvorm van een keten. De fysieke locaties van verschillende activiteiten in de keten, b.v. waar vindt de productie plaats en waar is de afnemer gesitueerd (geografisch).
2. De besturing van de productstromen door de keten. Denk hierbij aan besturingsvormen als cross-docking en DC-levering.
3. De bewaarcondities in een keten. De gehanteerde bewaarcondities beïnvloeden de productkwaliteit en dus de houdbaarheid van een product.

Gedrieën bepalen de drie factoren hoelang en in welke volgorde een product onder een bepaalde conditie verblijft Tezamen met de initiële houdbaarheid (kwaliteit op t_0) bepaalt de logistieke keten de houdbaarheid aan het eind van de keten.
De initiële houdbaarheid is vooraf niet bekend. Daarom moet er een schatting gemaakt worden van de initiële houdbaarheid (Q_0). Er wordt uitgegaan van het volgend verband:

$$Q_0 = Q_{0rel} * gevoeligheid_{ref} \qquad (1)$$

Met:
Q_0 = initiële houdbaarheid bij referentiecondities op t_0
Q_{0rel} = relatieve Q_0
$gevoeligheid_{ref}$ = gevoeligheid van het product bij referentiecondities

Q_{0rel} wordt geschat middels een relatieve score voor de sensorische kwaliteit (zien, voelen, etc.). Dit is op basis van subjectieve maar door ervaring goed gestandaardiseerde en daardoor uitwisselbare expert meningen.

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

De gevoeligheid van het product voor referentiecondities wordt in twee stappen geschat. Ten eerste wordt experimenteel en sensorisch het gemiddelde kwaliteitsverloop vastgesteld tussen de houdbaarheid en de omgevingscondities. D.w.z. bij verschillende omgevingscondities wordt bekeken hoelang het duurt voordat de producten sensorisch niet meer aan de eisen voldoen. Ten tweede wordt op basis van herkomst, ras en seizoen een correctie uitgevoerd, bijvoorbeeld indien er sprake van een 'gevoelig' product is.
Middels de sensorische kwaliteit als schatting voor Q_{0rel} en middels deels experimenteel en sensorisch en een deels op basis van informatie over herkomst, ras en seizoen, bepaalde schatting voor het kwaliteitsverloop van het product bij verschillende omgevingscondities, wordt de schatting van Q_0 bepaald.
Enkele voorbeelden:
Een Q_{0rel} = 100 %, en een gevoeligheid van 10%punt houdbaarheidsafname per dag bij een referentie van 20 °C geeft een Q_0 van 10 dagen.
Een Q_{0rel} = 95%, en een gevoeligheid van 5%punt houdbaarheidsafname per dag bij een referentie van 10 °C geeft een Q_0 van 19 dagen.

De sensorische kwaliteit bepaalt de houdbaarheid van een product. De sensorische kwaliteit bestaat uit verschillende aspecten, kwaliteitsaspecten. Dit is bijvoorbeeld, stevigheid, verkleuring of zichtbaar rot. Middels experimenten zijn de reacties bekend van de kwaliteitsaspecten op de omgevingscondities. Hiervan zijn modellen opgesteld die deze reactie beschrijven. De kwaliteitaspecten moeten voldoen aan kwaliteitseisen. De kwaliteitseisen zijn te vertalen in acceptatiegrenzen, tot welk niveau een aspect toelaatbaar is. Uit deze formulering van kwaliteit kan de houdbaarheid bepaald worden. Er is altijd minstens één kwaliteitsaspect beperkend (het dichtst tot de acceptatiegrens genaderd), waardoor de houdbaarheid afneemt. Dit geeft een formule voor houdbaarheidsverlies:

$$Q_1 = \min(Q_{a1}, Q_{a2}, ..., Q_{an}) * Q_0 \qquad (2)$$

Met:
Q_1 = houdbaarheid op t_1
Q_a = relatief kwaliteitsaspect

Met het relatieve kwaliteitsaspect wordt bedoeld de relatie tot de acceptatiegrens. B.v. als de grens voor verkleuring op 20% van het totale productoppervlak ligt en het product is 10% verkleurd, dan bedraagt het relatieve kwaliteitsaspect: 10/20*100%=50%. De houdbaarheid neemt is dan ook met de helft gereduceerd.

3.2 Kwaliteit van Paprika

Bij paprika zijn een aantal kwaliteitsaspecten te onderscheiden:
- Stevigheid
- Rot en Schimmel
- Rimpels
- Lage temperatuur bederf (LTB)

Deze kwaliteitsaspecten beïnvloeden allen de houdbaarheid van paprika. De kwaliteitsaspecten worden beïnvloed door de omgevingsfactoren, voornamelijk temperatuur (T) en luchtvochtigheid (RV). Dit kan onder één noemer gebracht worden, het dampdrukdeficit. In de volgende paragraven worden deze aspecten en omgevingsfactoren behandeld.

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

3.2.1 Dampdrukdeficit

Dampdrukdeficit (DDD) is een waarde die het klimaat van een ruimte beschrijft. Deze wordt in het algemeen gebruikt als maat voor bijvoorbeeld: ziekte dreiging, condensatie potentieel en irrigatie behoefte van planten. ATO gebruikt het DDD om gewichtsverlies van agroproducten tijdens de bewaring te beschrijven.
DDD is het verschil tussen de hoeveelheid vocht in de lucht en de hoeveelheid vocht die de lucht kan bevatten als deze verzadigd is. Dampdruk (e_{lucht}) is een maat voor hoeveel waterdamp zich in de lucht bevindt. Meer waterdamp in de lucht geeft een grotere dampdruk. Als de lucht de maximale waterdampinhoud bereikt, heet de dampdruk verzadigingsdampdruk (e_{max}). Dit is direct gerelateerd aan de temperatuur. Het DDD wordt als volgt:

$$DDD = e_{\max} - e_{lucht} \qquad (3)$$

In de literatuur zijn er verschillende formuleringen van de verzadigingsdampdruk e_{max} als functie van de temperatuur (T) in °Kelvin.
Volgens American Society of Agricultural Engineering (ASAE) is e_{max}:

$$\ln(\frac{e_{\max}}{R}) = \frac{A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4}{FT - GT^2} \quad \text{voor } 273{,}16 \le T \le 533{,}16 \quad \text{(ASAE, 1999)} \qquad (4)$$

Met:
R = 22.105.649,25
A = -27.405,526
B = 97,5413
C = -0,146244
D = 0,12558 x 10^{-3}
E = -0,48502 x 10^{-7}
F = 4,34903
G = 0,39381 x 10^{-2}

Volgens de American Society of Heating, Refrigerating and Air-Condintioning Engineers (ASHRAE) is e_{max}:

$$\ln(e_{\max}) = \frac{A}{T} + B + CT + DT^2 + ET^3 + F\ln(T) \quad \text{voor } 273{,}16 \le T \le 423{,}16 \quad \text{(ASHRAE, 1989)} \qquad (5)$$

Met:
A = -5.800,2206
B = 1,3914993
C = 4,8640239 x 10^{-2}
D = 4,1764768 x 10^{-5}
E = 1,4452093 x 10^{-8}
F = 6,5459673

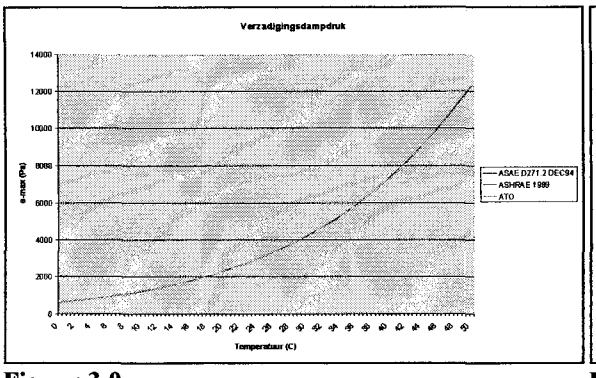
Volgens ATO met T in °Celsius: is e_{max}

$$\ln(\frac{e_{\max}}{R}) = \frac{AT}{B + T} \quad \text{voor } 0 \le T \le 50 \qquad (6)$$

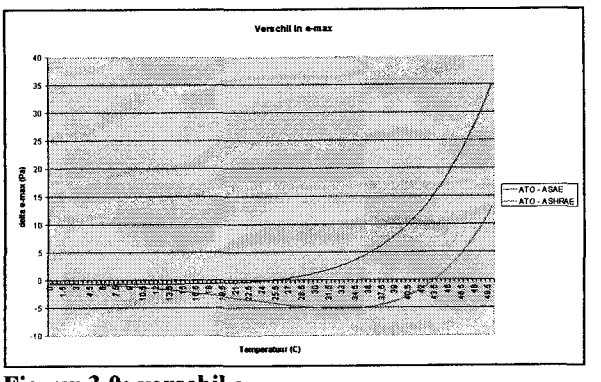
Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

Met:
R = 611,21
A = 17,502
B = 240,97

Het verloop van deze vergelijkingen voor e_{max} als functie van T in °C wordt weergegeven in figuur 3.1. Uit figuur 3.2 blijkt dat de verschillen tussen de vergelijkingen voor e_{max} slechts enkele tientallen pascallen bedragen. Dit is maximaal 0,3% van het totaal bij 50 °C.



Figuur 3.0: e_{max}



Figuur 3.0: verschil e_{max}

Hieruit kan geconcludeerd worden dat de ATO vergelijking voor e_{max} toereikend is voor het gebied (0 tot 50 °C) waarin gewerkt wordt met agroproducten. Dit model heeft de voorkeur, omdat het betrekkelijk eenvoudig is en minder onduidelijke schatters (formule 4&5, C t/m G) bevat.

De dampdruk van de lucht (e_{lucht}) kan beschreven worden op basis van de relatieve luchtvochtigheid:

$$e_{lucht} = e_{\max} \frac{RV}{100} \qquad (7)$$

RV = Relatieve luchtvochtigheid in %
Uit vergelijking 3,6 en 7 volgt vervolgens de vergelijking voor het DDD:

$$DDD = e_{\max}(1 - \frac{RV}{100}) \qquad (8)$$

3.2.2 Stevigheid en Gewichtsverlies

Stevigheid is het belangrijkste kwaliteitsaspect in paprika. Stevigheidsverlies wordt veroorzaakt door 2 processen:

- Gewichtverlies van de paprika bestaand uit:
  - Vochtverlies
  - droge stofverlies (verwaarloosbaar)
- Conversie van niet naar wel oplosbare pectine, hierdoor neemt de celwand in sterkte af.

Uit experimenten uitgevoerd door ATO blijkt dat gewichtsverlies en stevigheid sterk gerelateerd is. Gewichtsverlies is afhankelijk van de temperatuur en de RV van de omgeving. Om het gewichtsverlies te beschrijven wordt het dampdrukdeficit (DDD) gebruikt. Hierbij wordt de RV vlak rondom en in het product op 100% gesteld en de producttemperatuur gelijk aan de

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

omgevingstemperatuur. Onderzoek binnen ATO heeft aangetoond dat de stevigheid en het gewichtverlies DDD-afhankelijk lineair toenemen in de tijd. Het effect van de tijd en de DDD kan in één grootheid geformuleerd worden als een DDD-som (ΣDDD). De ΣDDD is de optelling van de DDD-waarden gegeven de periode (dagen) dat deze waarde geldt (PTL, 2002). De verbanden tussen gewichtverlies, stevigheid en de ΣDDD kunnen beschreven worden met lineaire functies:

Gewichtverlies *gv* als functie van ΣDDD

$$gv = \max(0, d_1 \cdot \Sigma DDD + d_2) \qquad (9)$$

met:

d_1 = 0,0025
d_2 = -1,56

Bij 3% gewichtsverlies nemen de vruchten merkbaar in stevigheid af.

Bij stevigheidsbeoordelingen worden de parika's verdeeld in 6 klassen:
0. Zeer zacht
1. Zacht
2. Onvoldoende stevig
3. Voldoende stevig
4. Stevig
5. Zeer stevig

Stevigheid *s* als functie van ΣDDD

$$s = \min(5, (\max(0, c_1 \cdot \Sigma DDD + c_2)) \qquad (10)$$

met:
c_1 = 0,011
c_2 = -1,12

Hierbij is aangenomen dat er geen initieel stevigheid- of gewichtsverlies is.
De acceptatiegrens voor gewichtsverlies bedraagt 6%, de acceptatiegrens voor stevigheid ligt op 2,5.

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

3.2.3 Rot en Schimmel

Als rot en/of schimmel optreedt dan is dit aspect belangrijker dan stevigheid. Uit de praktijk is gebleken dat het optreden van rot seizoensafhankelijk is. Rot begint vaak op beschadigde delen van de vrucht of de steel. De mate van aantasting is afhankelijk van de omgevingscondities (temperatuur en RV).
Rot kan onderscheiden worden in vier soorten: Vruchtrot, Steelrot, Kelkrot en Inwendig rot.
Voor vruchtrot worden de vruchten ingedeeld in 6 klassen:

0. > 50% van het oppervlak
1. 25 – 50% van het oppervlak
2. 10 – 25% van het oppervlak
3. 5 – 10% van het oppervlak
4. Tot 5% van het oppervlak
5. Geen rot

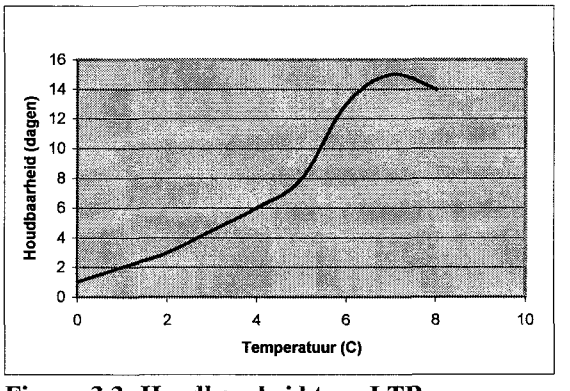
De acceptatie grens voor vruchtrot bedraagt 0,2. De vrucht moet vrij zijn van de overige rot.

3.2.4 Rimpels

Rimpels zijn een gevolg van verlies van stevigheid. Rimpels is lineair gecorreleerd met stevigheid (PTL, 2002). Vaak beginnen de vruchten bij stevigheid 2 rimpels te vertonen. De rimpelscore loopt hierbij lineair achter de stevigheidsscore aan. Hierdoor kunnen rimpels buiten beschouwing worden gelaten.

3.2.5 LTB

Lage temperatuur bederf treedt op als product, wat onder een bepaalde minimumtemperatuur (LTB-grens) bewaard is, enige tijd bij een hogere temperatuur wordt geplaatst. Voor paprika wordt 8 °C als LTB-grens aangehouden. Wanneer ver onder de LTB-grens bewaard wordt, treedt de schade soms al op tijdens de bewaring in de kou (PTL, 2002). LTB resulteert in een zeer versnelde afname van houdbaarheid (figuur 3.3) (Mededeling, 1980).

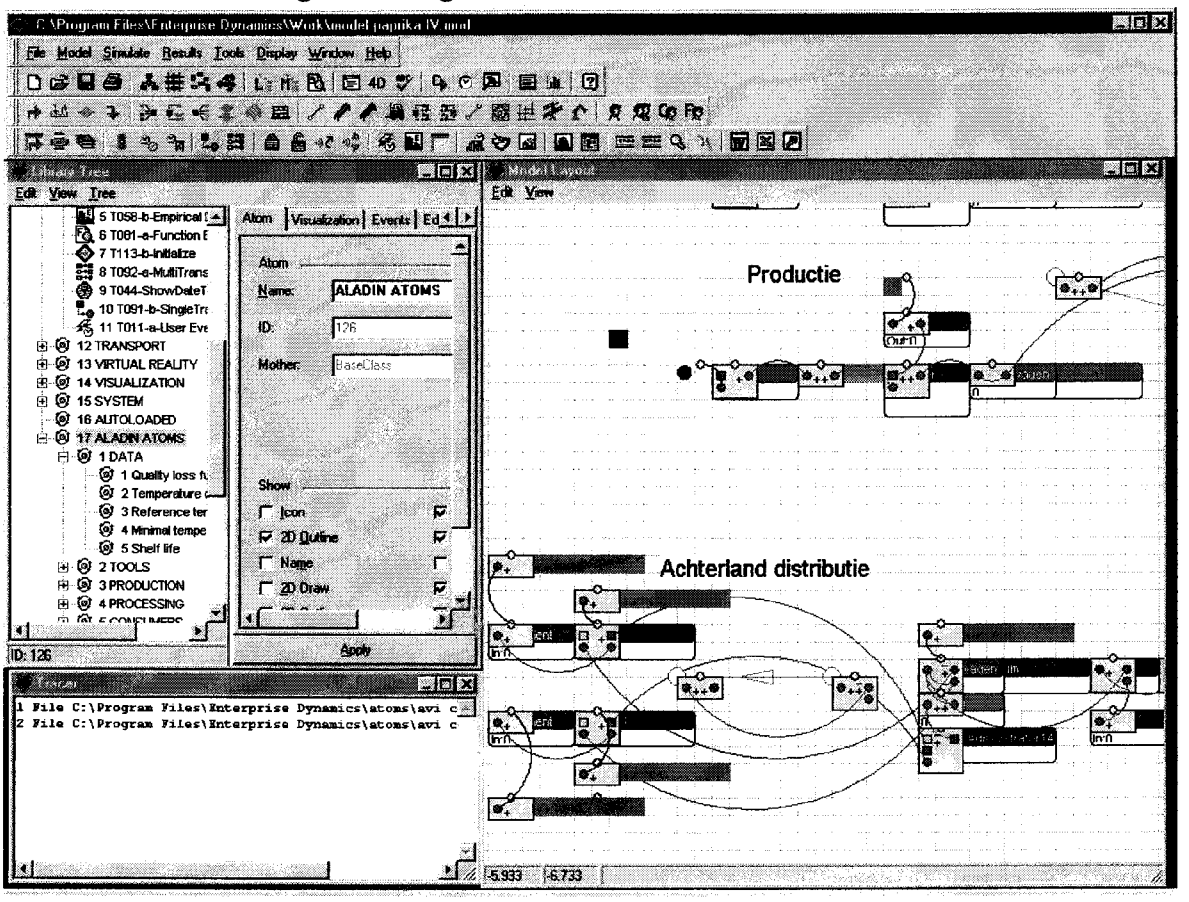


Figuur 3.3: Houdbaarheid t.g.v LTB

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

4 Aladin

Aladin (Agro Logistic Analysis en Design Instrument) is een kennissysteem dat in ontwikkeling is bij de PTL-groep. Het systeem bevat product- en procesmodellen. Met deze modellen kunnen agrologistieke ketenvraagstukken bekeken en aangepakt worden op het gebied van productkwaliteit. Met Aladin is het mogelijk een agroketen te simuleren.
Aladin is een applicatie binnen het simulatiepakket Enterprise Dynamics (ED) van Incontrol. ED maakt gebruik van een atomenbibliotheek en is object georiënteerd. Elk object is een atoom met specifieke eigenschappen. Voorbeelden van atomen zijn: een lopende band, een opslagplaats, maar ook een product of een model zijn atomen. Met atomen kan een simulatiemodel worden gebouwd (figuur 4.1).



Figuur 4.1: Aladin in ED

In ED is het mogelijk om de functionaliteit van atomen aan te passen door middel van programmering met 4D Script. In Aladin zijn atomen ontworpen en aangepast, zodat ze specifiek van toepassing zijn op productkwaliteit. Voorbeelden van Aladin atomen zijn: geconditioneerde bewaarplaats, gekoelde truck en consument. Tevens is (een deel van) de keten vraag gestuurd.

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

4.1 Implementatie HenK Model

In deze paragraaf wordt beschreven hoe de modellen uit HenK zijn geïmplementeerd. Voor deze paragraaf is enige kennis van ED verreisd. Naslagwerken hiervoor zijn Westra (2002), Aladin 2.0 (2002) en ED 4.1 (2001).

Voor Paprika in Aladin is het model genomen van gewichtsverlies op basis van ΣDDD. In Aladin doorloopt een product verschillende ketenschakels. Na elke schakel (atoom) wordt van het product de ΣDDD uitgerekend en hiermee het gewichtsverlies. Dit gebeurt met de event handlers van de atomen en de functie atomen. In de On OCready event handler staat:

```
if(>(time,label([lastcheck],first(c))),
 do(
  setexpratt(21,concat(
  [VPD],
  [(cell(label([tablerow],first(c)),3,c),cell(label([tablerow],first(c)),4,c))]),
  c),
 setlabel([VPDsum],+(label([VPDsum],first(c)),*(/(-
(time,label([lastcheck],first(c))),86400),att(21,c))),first(c)),
  setexpratt(21,concat(
  [Wloss],
  label([prodname],first(c)),
  [(label([VPDsum],first(c)))]),
  c),
 setlabel([DefWloss],-(att(21,c),label([Wloss],first(c))),first(c)),
 setlabel([Wloss],att(21,c),first(c)),
```

Vertaald staat er: Het atoom moet met behulp van de functie *VPD* (vapour pressure deficit) de *VPDsum* (ΣDDD) uitrekenen als het product voor enige tijd in de schakel heeft gezeten. Met deze som wordt vervolgens met behulp van de functie *Wloss* het gewichtsverlies in procenten uitgerekend.
De waarden van VPDsum en Wloss worden aan het product meegegeven door middel van een label. In de volgende schakels wordt hiermee verder gerekend. Het label *DefWloss* bevat het verschil tussen de oude Wloss en de nieuwe Wloss, voor de berekening van het verlies in houdbaarheid.

In de functie Wloss staat:

```
max(0,-(*(normal(0.0025,0.0002),p(1)),normal(1.56,0.1)))
```

P(1) is de parameter in de functie, in dit geval VPDsum. Tevens is in deze functie de productvariatie opgenomen. Hier wordt later in het rapport verder op ingegaan.

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

4.2 LTB

Voor kwaliteitsverlies als gevolg van LTB is gebruik gemaakt van de berekeningen beschreven door Milosserdov (2002). De kwaliteit van een product, gegeven in houdbaarheid, kan worden weergegeven met de volgende formule:

$$KQ(t) = SL_{T_{ref}}(t) = \alpha \exp(\frac{\beta}{T_{ref}}) \quad (11)$$

Met:
KQ = kwaliteit (in dagen houdbaarheid)
SL_{Tref} = houdbaarheid onder een bepaalde referentietemperatuur T_{ref}
α, β = geschatte product specifieke parameters.

Voor paprika wordt gerekend met een referentietemperatuur van 8 °C.
De snelheid, waarmee de houdbaarheid vermindert, hangt af van de temperatuur:

$$a(T) = \frac{SL_{T_{ref}}(t)}{SL_{T_0}(t)} \quad (12)$$

met:
$a(T)$ = de snelheid van kwaliteitsvermindering
SL_{T0} = de houdbaarheid bij temperatuur T op tijdstip t

De afname van houdbaarheid kan dan berekend worden met:

$$\Delta KQ = \Delta t \cdot a(T) \quad (13)$$

met:
Δt = tijdsinterval

De formule voor LTB verlies (a(T)) gecombineerd met de gegevens uit figuur 3.3 is dan:

$$14{,}6 \cdot \exp(-0{,}3351 \cdot T) \quad (14)$$

Deze formule is geïmplementeerd in de functie *LTB* van Aladin en wordt ook berekend bij het verlaten van een schakel:

```
if(<(cell(label([tablerow],first(c)),3,c),att(5,first(c))),
 do(
  setexpratt(21,concat(
   [LTB],
   label([prodname],first(c)),
   [(/(-(time,label([lastcheck],first(c))),86400),cell(label([tablerow],first(c)),3,c))]
   ),
  c),
  setlabel([LTB],att(21,c),first(c))
 ),
 setlabel([LTB],0,first(c))
```

De functie wordt alleen aangeroepen als het product onder de LTB-grens van 8 °C is bewaard.

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

4.3 Kwaliteitsverloop

Zoals eerder beschreven is de kwaliteit van paprika afhankelijk van verschillende aspecten. De kwaliteit is onacceptabel wanneer één of meerdere acceptatie grenzen zijn overschreden. Voor paprika wordt aangenomen dat deze een initiële houdbaarheid hebben van ongeveer 14 dagen. Deze neemt in de tijd af, afhankelijk van de bewaarcondities. Deze afname van houdbaarheid is afhankelijk van de mate waarin een kwaliteitsaspect zijn acceptatiegrens genaderd is, het relatieve kwaliteitsaspect. Dit wordt duidelijk gemaakt door middel van een voorbeeld:
Bij de oogst van paprika is de houdbaarheid 14 dagen en is gewichtsverlies 0%. Na 3 dagen bewaren is onder invloed van het DDD gewichtsverlies opgetreden van 3%. De acceptatiegrens ligt op 6%. Er is dus een nadering van 50%, wat resulteert in een verlies van 50% x 14 dagen = 7 dagen. De paprika is dus tijdens de bewaarperiode van 3 dagen, 7 dagen aan houdbaarheid verloren.
Als een product een schakel verlaat wordt berekend welk aspect in het grootste houdbaarheidsverlies heeft. Dit wordt van de houdbaarheid van het product afgetrokken. In Aladin is dat als volgt geprogrammeerd:

```
setlabel([keepqual],-(label([keepqual],first(c)),max(
 *(att(3,first(c)),/(label([DefWloss],first(c)),att(4,first(c)))), {verlies door Wloss}
  label([LTB],first(c)))),first(c) {verlies door LTB}
),
```

In de laatste schakel (de retailer) kan ook het resterende schapleven worden uitgerekend, omdat hier de condities bekend zijn (18 °C en 75% RV). Deze is gelijk aan de tijd die nodig is om het verschil tussen de kwaliteit op het moment dat het product binnen komt en de acceptatiegrens van het kwaliteitsaspect tot 0 te verkleinen. Voor gewichtverlies bij paprika wordt dat dan:

$$SL_{retailer} = \frac{\sum DDD_{t_{in}} - \left[\frac{Qaspect_{grens} - \beta}{\alpha}\right]}{DDD_{retailer}} \qquad (15)$$

Met:

$SL_{retailer}$	= schapleven bij retailer
$\Sigma DDD_{t\,in}$	= ΣDDD op moment dat product retailer in gaat
$Qaspect_{grens}$	= grens van het kwaliteitsaspect (gewichtsverlies 6%)
α, β	= product specifieke parameters
$DDD_{retailer}$	= heersende DDD bij retailer

4.4 Variatie

Aladin kent twee vormen van variatie:
- Omgevingsvariatie
- Productvariatie

Hoe deze variatie in Aladin is gemodelleerd wordt in de volgende paragraven behandeld.

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

4.4.1 Omgevingsvariatie

De omgevingsvariatie in Aladin kan opgedeeld worden naar:
- Tijdsafhankelijke processen zoals bewerkingstijd, wachttijd, etc. Deze kunnen vaak standaard met ED gemodelleerd worden
- Variatie in specifieke omgevingsfactoren zoals temperatuur en luchtvochtigheid.

Voor bepaalde activiteiten, b.v. gekoeld transport, kan een setpoint voor temperatuur en RV worden opgegeven. Uit de praktijk blijkt dat er variaties rond deze setpoints optreden. De variatie rond een setpoint kan opgedeeld worden in:
- Ruimtelijke variaties, dit zijn variaties van temperatuur in een bepaalde ruimte. Bijvoorbeeld de producten dichterbij het koelelement worden kouder dan producten verder weg.
- Systeemvariatie, dit betekent dat het koelsysteem zelf een variatie heeft, waardoor de uiteindelijke temperatuur in een cel kan variëren van het setpoint.

Het variëren van de omgevingsfactoren in de tijd resulteert in differentiaal vergelijkingen, dus dT/dt en dRV/dt. Dit is met het simulatiepakket ED niet mogelijk. Daarom is er een stapsgewijze variatie aangebracht, waarop bepaalde momenten de omgevingsfactoren variëren. De rest van de tijd zijn de omgevingsfactoren constant.
Voor geconditioneerd transport vindt deze variatie plaats op het moment dat product wordt ingeladen. Totdat er opnieuw product wordt ingeladen zijn de omgevingsfactoren constant. Omdat er in één simulatierun het proces transporteren vaak plaats vindt, kunnen beide variaties (ruimtelijk en systeem) tegelijkertijd gemodelleerd worden. Bijvoorbeeld:
Setpoint transport 10 °C en 85% RV:

Transport 1 krijgt T = 8 °C en 95% RV
Transport 2 krijgt T = 10 °C en 80% RV en
Transport 3 krijgt T = 12 °C en 85% RV

Gemiddeld is het proces transport dan bij T = 10 °C en 85% RV uitgevoerd.
Bij geconditioneerde opslag atomen, bijvoorbeeld een T-Store, wordt de variatie van de verschillende omgevingsfactoren per eenheid product gemodelleerd. Elke producteenheid die de opslag binnenkomt krijgt zijn eigen omgevingsfactoren. Deze zijn per producteenheid constant tijdens de opslag. Wederom geldt dat tijdens één simulatie er veel eenheden door een opslag atoom gaat. Hierdoor maakt het niet uit of de variatie voor de gehele ruimte geldt of voor elk producteenheid verschillend. Beide resulteert in een zelfde variatie.
Bijvoorbeeld:
Setpoint bewaring 10 °C en 85% RV:

Doos 1 krijgt T = 8 °C en 95% RV
Doos 2 krijgt T = 10 °C en 80% RV en
Doos 3 krijgt T = 12 °C en 85% RV

Gemiddeld zijn de dozen dan bij T = 10 °C en 85% RV bewaard.
De omgevingsvariatie van de verschillende atomen wordt gegeven in tabel 4.1.

Tabel 4.1: Variatie

Atoomsoort	Setpoint T	T variatie in °C	Setpoint RV in %	RV variatie in %
Geconditioneerd transport	g.a.	± 2	85	± 10
Reefer	g.a.	± 1	85	± 10
Bewaarplaats/koelcel	g.a.	± 1,5	85	± 10

g.a. = gebruikers afhankelijk

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

4.4.2 Productvariatie

De productvariatie is in Aladin van belang, omdat het hier om agrarische producten gaat. De reactie van het product als complete groep op de omgevingsfactoren wordt gemodelleerd door de eerder beschreven kwaliteitsaspectsmodellen. Echter elk individueel product reageert net iets anders op de omgevingsfactoren dan veronderstelt met de kwaliteitsaspectsmodellen. Het kwaliteitsaspectsmodel is een 'best fit' van de resultaten uit het HenK project. Deze fit heeft variatie. Dit wordt in Aladin gemodelleerd door de parametervariatie van de kwaliteitsaspecten mee te nemen. Het kwaliteitsaspectsmodel wordt dan:

$$Qaspect = (\alpha \pm \mathrm{var}\,\alpha) \cdot X + (\beta \pm \mathrm{var}\,\beta) \qquad (16)$$

Met:

α = richtingscoëfficiënt
β = constante
var = variatie van parameter
X = bepaalde omgevingsfactor, b.v. ΣDDD

Er kan ook sprake zijn van variatie op initiële houdbaarheid (Q_0) van producten. Dit kan in Aladin gemodelleerd worden door op moment van creatie van het product een variatie in Q_0 aan te brengen. Variatie kan ook toegevoegd worden aan kwaliteitsaspecten apart. Hierdoor wordt het ook mogelijk een deel van een keten buiten beschouwing te laten in een model. De variatie die hier wel optreedt kan dan aan de producten worden toegekend.

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

5 Vergelijking HenK en Aladin

In november 2002 zijn er in het kader van het Henk project experimenten met groene en rode paprika's gedaan. Voordat de proef werd uitgevoerd, is dit gesimuleerd met Aladin. Gegevens uit Aladin zijn vergeleken met gegevens uit het HenK project. Doel van deze vergelijking is:
1. In welke mate Aladin overeenkomt met een praktijksituatie.
2. Welke variatie in de omgevingsfactoren in Aladin het best aansluit bij de praktijk

5.1 HenK experiment

De paprika's werden in vijf koelcellen bij verschillende temperatuur en luchtvochtigheid bewaard (tabel 5.2).

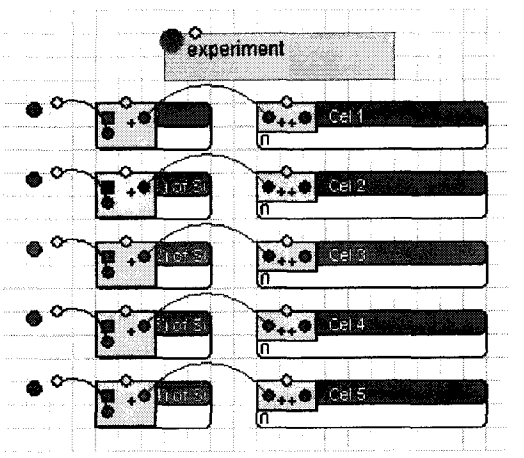
Tabel 5.2: Omgevingsfactoren

	Cel 1	Cel 2	Cel 3	Cel 4	Cel 5
Temp. (°C)	13,7	17,9	22,1	25,3	28,0
R.V. (%)	74,8	83,5	93,3	88,0	84,0

De vruchten werden bij inzet en na 1, 2, 3, 5, 7 en 9 dagen gewogen. Hieruit kan het gewichtsverlies (gv) bepaald worden.

5.2 Aladin Model

Dezelfde proef is ook in Aladin gemodelleerd (figuur 5.1). Hiervoor is gebruik gemaakt van een *supply* atoom en een *fast warehouse* atoom. De supply levert op t_0 100 paprika's aan de fast warehouse. Het warehouse is geconditioneerd op dezelfde waarden voor T en RV als in bij de HenK proef. Na 1, 2, 3, 5, 7 en 9 dagen zijn de gegevens over gewichtsverlies uit het model gehaald.

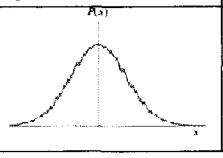
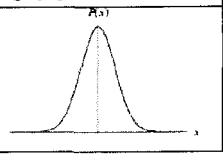
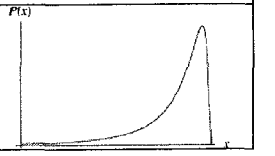


Figuur 5.1: Aladinmodel

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

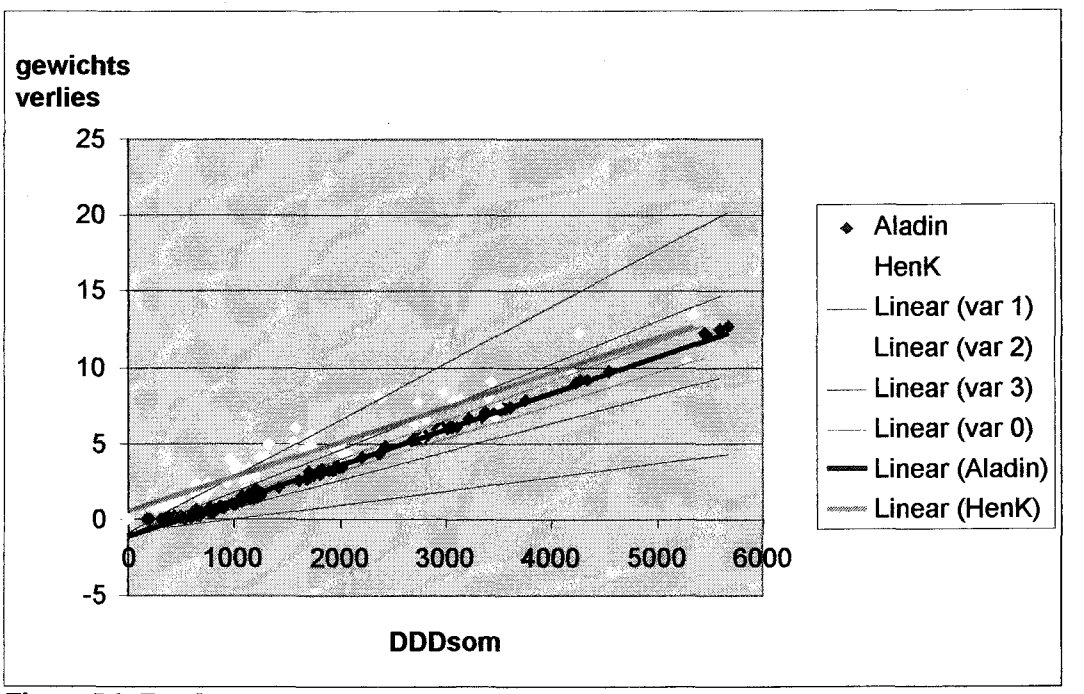
In het Aladinmodel zijn vier verschillende simulaties uitgevoerd met vier verschillende variaties in de omgevingsfactoren (tabel 5.3). De productvariatie bleef onveranderd.

Tabel 5.3: Modelvariaties

	Var 0	Var 1	Var 2	Var 3
Temperatuur	Geen variatie	Normaal verdeelt met: μ : setpoint σ : 1,5	Normaal verdeelt met: μ : setpoint σ : 0,75	Normaal verdeelt met: μ : setpoint σ : 0,75
R.V.	Geen variatie	Normaal verdeelt met: μ : setpoint σ : 10	Normaal verdeelt met: μ : setpoint σ : 5	100-Lognormaal verdeelt met: μ : (100-setpoint) σ : 3
Verdeling R.V.				

5.3 Resultaten

De simulatie heeft als resultaat de gewichtsverliezen van paprika over de gestelde periode.



Figuur 5.2: Resultaten

Hiervan zijn de gemiddelden berekend en de standaard deviatie. In figuur 5.2 zijn de uitkomsten van de simulatie en ook de resultaten van het HenK experiment geplot als functie van de ΣDDD. De standaard deviatie van de uitkomsten van de verschillende simulaties zijn van de gemiddelden afgetrokken en bij opgeteld. Dit geeft een 'waaier' van mogelijke uitkomsten.

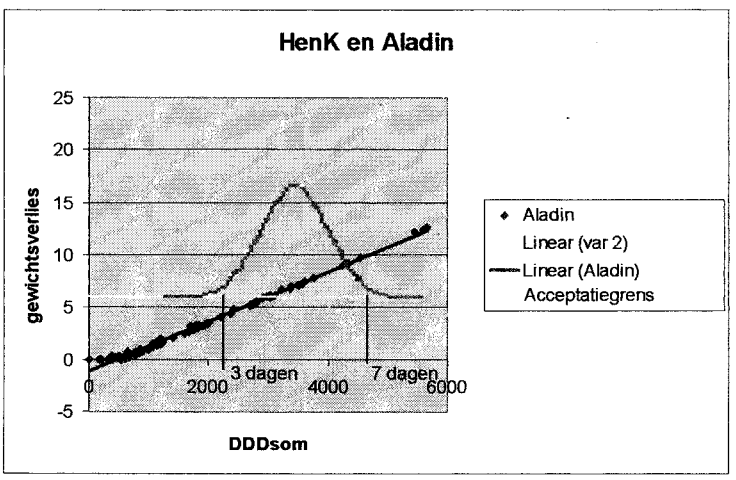
De vergelijking van de lineaire fit door de gemiddelde uitkomsten berkend met Aladin is:
$y = 0{,}0024x - 1{,}211$
De vergelijking van de lineaire fit door de uitkomsten van het Henk experiment is:
$y = 0{,}0023x + 0{,}5284$

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

5.4 Conclusies

Uit de resultaten zijn de volgende conclusies te trekken:

1. Het vergroten en/of verkleinen van de variatie heeft geen invloed op de gemiddelde uitkomst in Aladin. Deze blijft de modelvergelijking volgen. De grootte van de waaier is hier wel afhankelijk van. Bij grote variatie in de omgevingsfactoren loopt de waaier wijdt uiteen.
2. De vergelijking van het model dat is geïmplementeerd in Aladin is (inclusief productvariatie): $y = (0{,}0025 \pm 0{,}0002)x - (1{,}56 \pm 0{,}1)$. De richtingscoëfficiënten van zowel de lineaire fit van Henk en Aladin vallen binnen het interval van 0,0002. Het effect van de omgevingsfactoren op het gewichtsverlies is dus gelijk. De offset echter komt van zowel het resultaat van de simulatie als het experiment niet overeen met het model in Aladin. Voor de simulatie resultaten is daar een verklaring voor. De simulatie berekent geen negatieve gewichtsverliezen, maar stelt deze gelijk aan 0. Hierdoor is het eerste gedeelte van de grafiek gelijk aan 0 en snijdt de lineaire fit de x-as bij een ΣDDD van ca. 500 Pa*dagen. Oorzaak voor het verschil met het HenK experiment kan zijn dat het initiële gewichtsverlies niet gelijk aan 0 is.
3. Door het verschil met de praktijk (HenK experiment) is het niet mogelijk om een absolute houdbaarheid aan te geven. De invloed van omgevingsvariatie is vrij groot en geeft variaties in houdbaarheid geven (figuur 5.3). Het is wel mogelijk om verschillende scenario's met elkaar te vergelijken en effecten waar te nemen. Deze effecten zullen in de praktijk ook optreden.



Figuur 5.3: Variatie houdbaarheid

4. Een variatie die aansluit bij de praktijk is niet gevonden. Variatie in de omgevingsfactoren hangt in de praktijk niet alleen van de variatie zelf af, maar ook van de variatie in de meting van de omgevingsfactoren. Zijn de metingen niet tot nauwelijks gevarieerd dan is er uitsluitend de omgevingsvariatie. Dit verschilt per praktijksituatie en moet voor elk model apart beoordeeld worden.

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

6 Kosten in Aladin

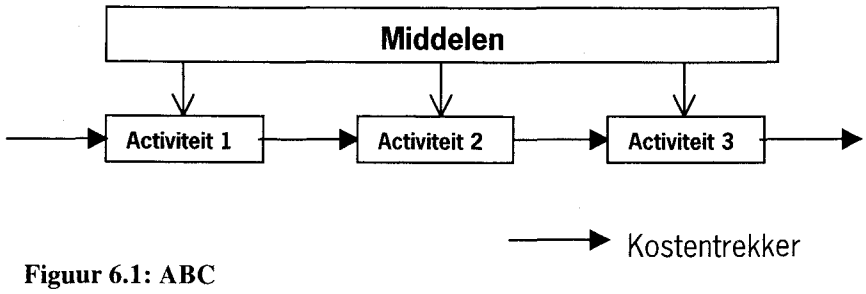
Naast productkwaliteit zijn de kosten ook een belangrijke prestatieindicator van een keten. Door een bepaalde inrichting van een keten kan een bepaalde productkwaliteit gehaald worden, maar hier zijn dan wel kosten aan verbonden (b.v. kosten voor koelen en vliegtuigtransport). Daarom moet in de simulatie met Aladin een afweging gemaakt kunnen worden tussen gerealiseerde productkwaliteit en de kosten.

Kosten is nog een vrij algemeen begrip. Er bestaan veel verschillende soorten kosten. Twee kosten zijn het meest van belang:
- Kosten per product
- Kosten per activiteit

Met de eerste kosten kan bepaald worden wat voor een investering er per product gedaan is. Hiermee kan dan ook de productkwaliteit vergeleken worden. Met de kosten per activiteit kan dan bekeken worden waar deze investering in keten gedaan wordt. Hierdoor wordt het inzichtelijk op welke plek in de keten en door wat de kosten veroorzaakt worden.
Gezien deze omschrijving van de kosten bestaat er een geschikte methode om de kosten te berekenen, namelijk Activity Based Costing (ABC).

6.1 Activity Based Costing

ABC is omstreeks 1980 ontstaan om kosten accuraat te kunnen berekenen binnen organisaties. ABC is een techniek die directe en indirecte kosten van een organisatie toewijst aan activiteiten die de middelen (arbeid, kapitaal, grondstoffen, etc.) van de organisatie consumeert. In tegenstelling tot traditionele kostenberekeningen, die de kosten aan middelen koppelt, deelt ABC het productiesysteem op in activiteiten en berekent hier de kosten aan (Cooper, 1988).
Een activiteit in een proces staat niet op zichzelf, maar heeft altijd een oorzaak. Bijvoorbeeld een inpakmachine gaat pas inpakken als er producten zijn die ingepakt moeten worden. Het object dat een activiteit veroorzaakt, waardoor een activiteit middelen gaat gebruiken, wordt kostentrekker genoemd (figuur 6.1). Als de kosten per kostentrekker voor een activiteit bekend



Figuur 6.1: ABC

zijn, dan kunnen de kosten per activiteit berekend worden.
De kosten per activiteit zijn dan:

$$C_{aj} = \sum_{1}^{i} c_{ij} \qquad (17)$$

met:

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

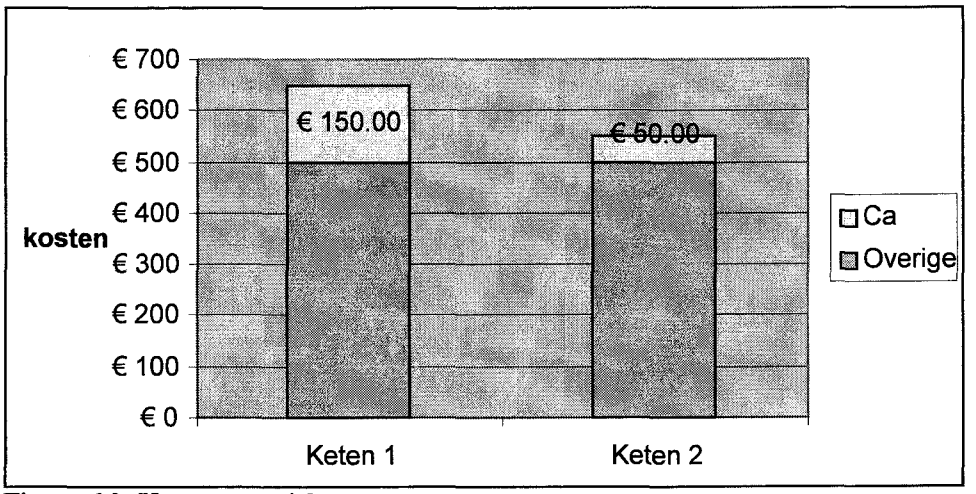
c_{ij} = kosten voor kostentrekker i door activiteit j.

De kosten over alle activiteiten zijn:

$$C_a = \sum_1^j C_{aj} \qquad (18)$$

met:
C_a = totale activiteits kosten

Als de kosten per activiteit bij elkaar opgeteld worden dan geeft dit niet de absolute kosten waarde over de activiteitenketen. De reden hiervoor is dat er in organisaties kosten gemaakt worden die niet meteen aan een activiteit toegerekend kunnen worden, bijvoorbeeld algemeen administratief werk (overige kosten). Deze kosten worden wel gemaakt maar zijn niet in c_{ij} op genomen. Bijvoorbeeld:
Voor bepaalde keten, keten 1, is de C_a berekend op €150,-.
Voor een gewijzigde keten, keten 2, is de C_a berekend op €50,-.
Nu kan niet beweerd worden dat keten 2 66% goedkoper is dan keten 1, omdat de overige kosten niet bekend zijn. Wat wel geconcludeerd kan worden is dat keten 1 €100,- duurder is dan keten 2. Dit wordt duidelijk gemaakt door figuur 6.2. Het werkelijke procentuele verschil bedraagt als de overige kosten op €500,- worden bepaald:



Figuur 6.2: Kosten overzicht

$\frac{(50,-+500,-)}{(150,-+500,-)} * 100\% = 84{,}4\%$, dus keten 2 is niet 66%, maar 15,4% goedkoper dan keten 1.

6.2 Kosten in Aladin

Aladinmodellen worden opgebouwd uit verschillende atomen, zoals transport, bewaar of productieatomen. Deze atomen zijn in feite activiteiten. Bijvoorbeeld het atoom Truck Shuttle voert de activiteit geconditioneerd transporteren uit. Omdat in ED en Aladin de productstroom, locatie en tijd bekend zijn, zijn kostentrekkers duidelijk te bepalen. ABC is dan de beste oplossing om de kosten te kunnen bepalen.

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

Het grootste probleem bij het gebruik van ABC is het bepalen van de kosten per activiteit per kostentrekker, de c_{ij}. Hier zijn slechts algemene kosten beschikbaar. Als dit wordt toegepast in concrete projecten, dan kunnen meteen concrete kosten bepaald worden en gebruikt worden in het model.

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

7 Toegevoegde Atomen

De atomenbibliotheek van Aladin is niet toereikend om een agroketen te kunnen modelleren en simuleren. Om deze niche voor een deel te vullen zijn er een aantal atomen ontwikkeld en aangepast. Deze worden in dit hoofdstuk besproken

7.1 Reefer

In de praktijk wordt veel product met geconditioneerde reefer containers gedistribueerd, bijvoorbeeld met scheepstransport. Dit atoom ontbreekt in Aladin. In de bibliotheek van ED is wel een standaard container aanwezig. Dit atoom is uitgebreid met de conditionerings mogelijkheden van Aladin. Tot de extra instellingsmogelijkheden van atoom behoren:

- Temperatuur
- Luchtvochtigheid
- Of het product in bulk of op pallet ingeladen is.

In Aladin heet de reefer *chilled container*.

7.2 Truck en Truck Shuttle

De truck en truck shuttle van Aladin zijn niet instaat pallets te vervoeren. Als men in het model de producten op pallets inlaadt in een truck geschikt voor bulk, dan gaat Aladin de kwaliteit bepalen van de pallet en niet van het product wat op de pallet staat. Daarvoor moet Aladin verteld worden dat het product op de pallet staat. Hiertoe is er een extra instellingsmogelijkheid of het product in bulk of op pallets ingeladen is. Nu vindt Aladin de producten op de pallet en kan de kwaliteit daarvan wel bepaald worden.

Tevens zijn er een truck en truck shuttle gemaakt die slechts transportmodaliteit kunnen transporteren. Deze conditioneren de lading niet. Deze zijn dus geschikt om de reefer te transporteren. In de bibliotheek zijn deze atomen *transport truck* en *transport truck shuttle* genoemd.

7.3 Fast Container Warehouse en T-Store Containers

Het probleem zoals besproken in de vorige paragraaf geldt ook voor fast warehouse en T-Store. Bij de truck en truck shuttle is het mogelijk alles in één atoom te programmeren. De meer complexere atomen zoals de warehouse en t-store worden nog omvangrijker. Daarom is er voor gekozen om dit in twee nieuwe atomen te maken. Dit zijn de *Fast container Warehouse* en *T-Store containers*. Beide geconditioneerde opslagruimten beschikken over de mogelijkheid om producten op pallets te bewaren. Omdat het modeltechnisch niet mogelijk is om tijdens de bewaarperiode de houdbaarheid van de gehele pallet uit te rekenen wordt er gewerkt met de eigenschappen van het eerste product op de pallet. De pallet neemt dezelfde waarden aan als dit product. Tijdens de bewaring kan er dan per pallet de kwaliteit bekeken worden. Als de pallet de bewaring verlaat, wordt de kwaliteit van alle producten op de pallet wel berekend.

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.

Literatuur

Aladin 2.0, User Manual, 2002, ATO B.V., Wageningen (vertrouwelijk).

ASAE Fundamentals. D271.2 Dec94. 1999. American Society of Agricultural Engineering, St. Joseph.

ASHRAE Handbook Fundamentals. 1989. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta.

Cooper, R., 1988, The rise of activity based costing, parts 1, 2, 3 & 4, Journal of Cost Management.

ED 4.1, User manual, 2001, Incontrol simulation software B.V., Maarssen.

Mededeling nr. 30, 1980, Product gegevens Groente en Fruit, band 3, Sprenger Instituut, Wageningen.

Milosserdov, V., 2002, Simulating Agrologistics Systems with special reference to quality,Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven.

PTL, 2002, HenK Voedingstuinbouw, ATO rapport B601, Wageningen (vertrouwelijk).

Westra, E.H., 2002, HenK en Aladin, Stageverslag Agrotechniek en -Fysica, Wageningen Universiteit, Wageningen.

Eigendom van ATO B.V. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van. ATO B.V.