

Guus kom naar huus...
of over koeienstallen, robots en wachtrijen

Ivo Adan

Faculteit Wiskunde en Informatica
TU Eindhoven

31 januari 2003

Nieuwe ontwikkeling in de melkveehouderij:

Robots om koeien te melken

- Stijging van de melkproduktie (10-15%)
- Tijdbesparing voor melkveehouder
- ...

Maar robots zijn kostbaar;

Dus een goed ontwerp van de stal is belangrijk!

In deze presentatie:

- Modelling van een automatische koeienstal als een *gesloten netwerk van wachtrijen*
- Demonstratie van de applet *Cow*

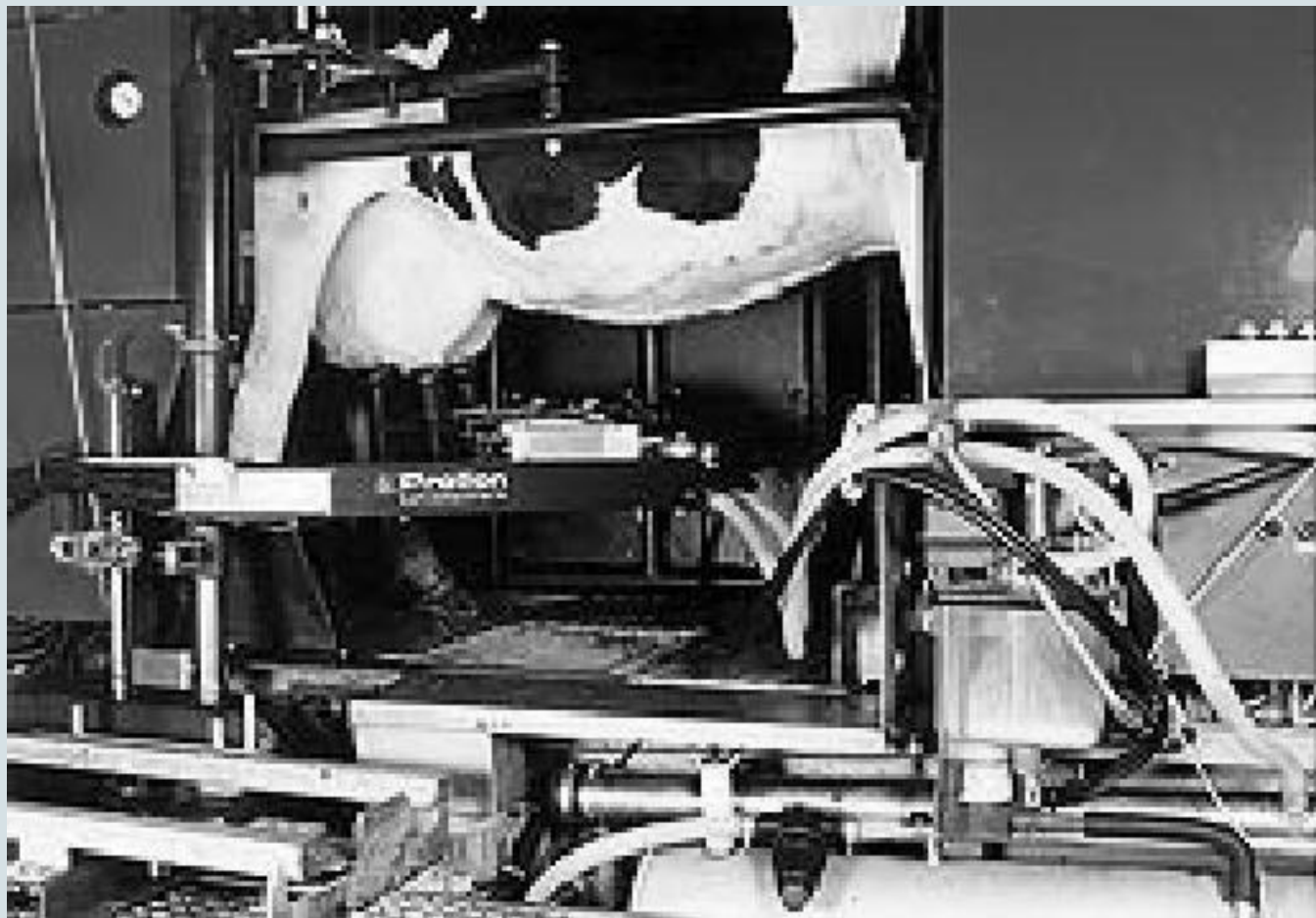
Maar eerst:

Hoe ziet een koeienstal met robots eruit?

De melkrobot:

De robot heeft sensoren voor localiseren van spenen; hierna bevestigt een robotarm de zuigers

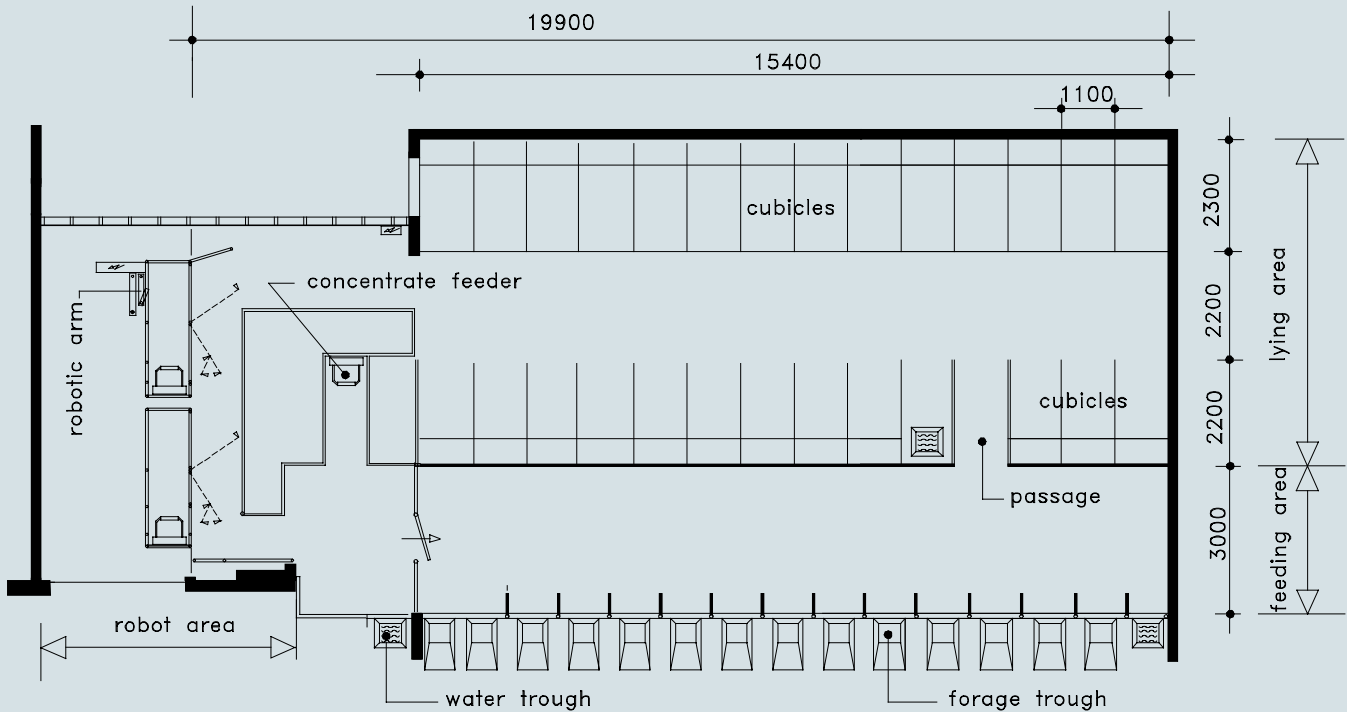
- Melken gebeurt zonder hulp van de boer
- Werkbesparing voor de boer
- Vaker melken per dag



Faciliteiten in de koeienstal:

- De melkrobot (*Milking Robot*)
- Voedereenheid met geconcentreerd voer (*Concentrate Feeder*)
- Rij eetbakken met gewoon veevoer (*Forage Troughs or Lane*)
- Drinkbakken (*Water troughs*)
- Ligplaatsen (*Cubicles*)
- Loopruimte (*Walking*)

- **Concentrate Feeder:** Computer-gestuurde voedereenheid met brokken geconcentreerd voer. Hier zijn de koeien dol op! De feeder wordt gebruikt om de koeien in de robot te lokken.
- **Forage Lane:** Rij eetbakken met gewoon veevoer.
- **Water Troughs:** Goedkope, maar belangrijke faciliteit, want koeien moeten veel drinken om 30-60 liter melk per dag te produceren.
- **Cubicles:** Plaatsen om te liggen, rusten en confrontaties te vermijden. Hier brengen de koeien rond de 50% van hun tijd door.
- **Walking:** Ruimte tussen de faciliteiten. Ze verblijven hier ongeveer een kwart van de dag, en leggen dan 3-5 kilometer af.



Het wachtrijmodel

Koeien gebruiken 6 faciliteiten met *beperkte capaciteit*, en zowel bedieningstijden als bezoeken zijn *stochastisch*. Hierdoor kan het voorkomen dat koeien moeten wachten, en dit vinden ze niet prettig!

Dit suggereert dat de koeienstal kan worden gemodelleerd als een *gesloten netwerk van wachtrijen* met de volgende 6 stations:

- Milking Robot
- Concentrate Feeder
- Forage Lane
- Water Trough
- Cubicles
- Walking

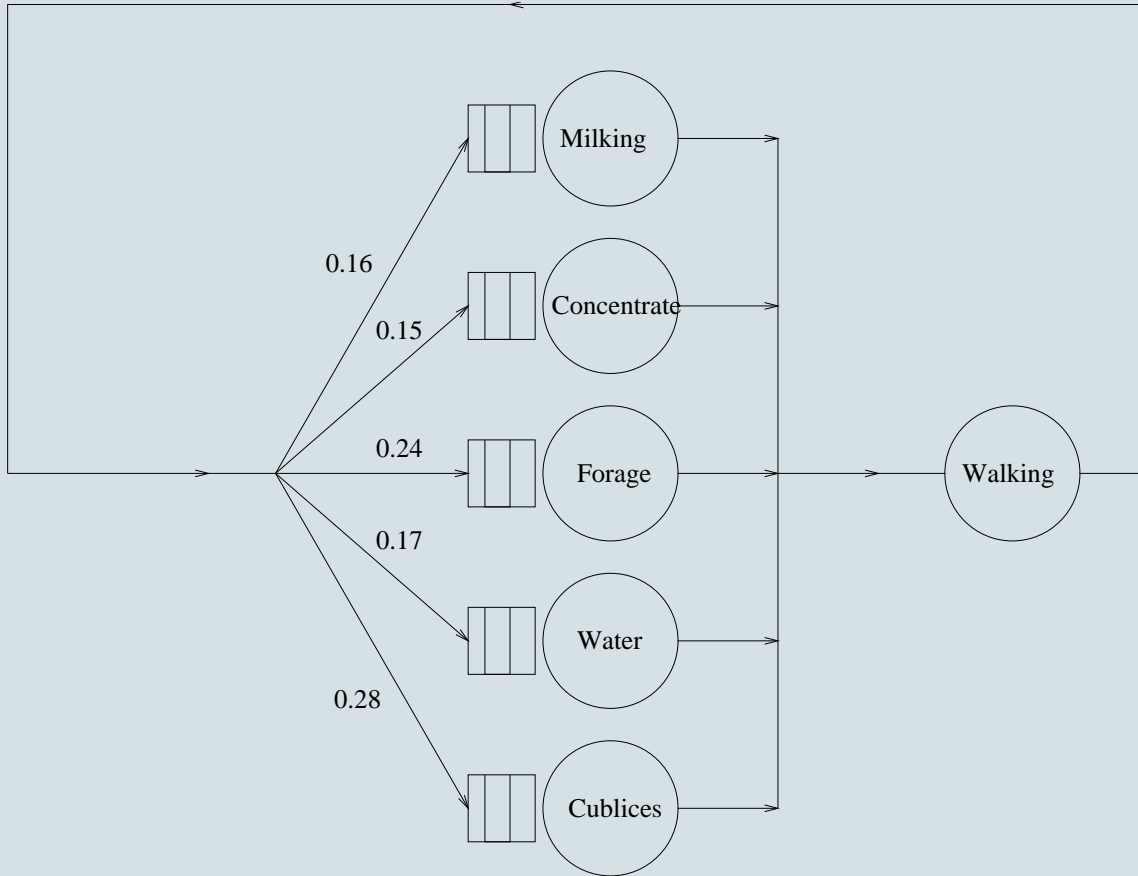
Elk station heeft 1 of meer bedienden, met uitzondering van Walking (oneindig veel bedienden, want hier hoeven koeien niet te wachten).

De klanten in het netwerk zijn natuurlijk de koeien.

Het model heet *gesloten*, omdat de populatie van klanten (de kudde) constant is.

Belangrijk:

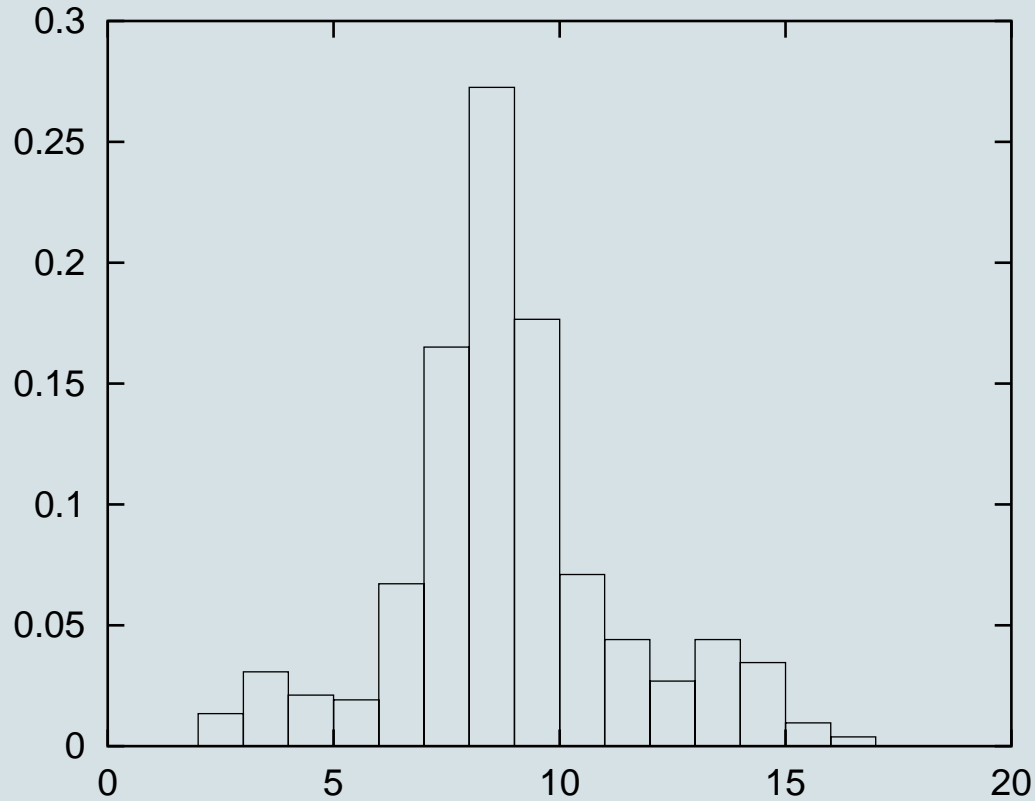
Het netwerk model beschrijft de *interacties* tussen de verschillende stations. Als een station extra (of minder) bedienden krijgt, dan heeft dat consequenties voor de andere stations.



Benodigde gegevens:

- Bedieningstijden in de stations (verdeling of gemiddelde en spreiding)
- *Bezoekfrequenties* aan de stations

De bezoekfrequentie aan een station is het gemiddeld aantal bezoeken van een koe aan het station tussen twee opeenvolgende wandelingen (bezoeken aan Walking). Ofwel de *kans* dat een koe na een wandeling naar dat station gaat.



Frequentieverdeling van de bedieningstijden (min) in de melkrobot

Station	Bedieningstijd (min.)		Bezoekfrequentie
	Gemiddelde	Spreiding	
Milking Robot	8.4	2.5	0.16
Concentrate Feeder	6.4	6.2	0.15
Forage Lane	15	12	0.24
Water Trough	3.2	2.3	0.17
Cubicles	39	60	0.28

Bedieningstijden en bezoekfrequenties

Criteria voor Prestaties en Ontwerp:

- Wachttijden
- Rijlengtes
- Bezettingsgraden
- ...

Met name bij de *Milking Robot* en *Concentrate Feeder* dient de wachttijd beperkt te blijven, want koeien kunnen agressief worden als ze lang moeten wachten...

AMVA: Approximate Mean Value Analysis

Standaard algoritme voor de prestatie-evaluatie van een gesloten netwerk

Het algoritme werkt met relaties tussen

- Gemiddelde verblijftijd (wachtijd plus bedieningstijd) in een station
- Gemiddeld aantal koeien in een station
- Gemiddeld aantal bezoeken per tijdseenheid aan een station

Speciaal geval: Elk station heeft 1 bediende

Notatie: K is de grootte van de kudde

- $S_i(K)$: gemiddelde verblijftijd in station i
- $\Lambda_i(K)$: gemiddeld aantal bezoeken per tijdseenheid aan station i
- $L_i(K)$: gemiddeld aantal koeien in station i
- b_i : gemiddelde bedieningstijd in station i
- f_i : bezoekfrequentie aan station i

Relaties:

$$S_i(K) = L_i(K - 1)b_i + b_i$$

$$\Lambda_i(K) = \frac{f_i}{\sum_i f_i S_i(K)} \cdot K$$

$$L_i(K) = \Lambda_i(K) S_i(K) \quad (\text{Formule van Little})$$

Speciaal geval: Elk station heeft 1 bediende

Mean Value Algorithm

- **Stap 1:**

$L_i(0) = 0$ voor alle stations i ;

- **Stap 2:**

Voor $k = 1, 2, \dots, K$ bereken

$$S_i(k) = L_i(k-1)b_i + b_i$$

$$\Lambda_i(k) = \frac{f_i}{\sum_i f_i S_i(K)} \cdot k$$

$$L_i(k) = \Lambda_i(k)S_i(k)$$

voor alle stations i .

De Java applet Cow:

Het approximate mean value algoritme voor de prestatie-evaluatie van de koeienstal is geïmplementeerd in het computer programma [Cow](#)

Met Cow kan een ontwerp worden beoordeeld op basis van

- wachttijden,
- rijlengtes,
- bezettingsgraden

bij de robot, drinkbakken, voederbakken, enz.

Tot slot

Op basis van netwerken van wachtrijen is praktisch gereedschap ontwikkeld waarmee men op systematische wijze een afweging kan maken tussen economische en koe-sociale factoren die een rol spelen bij een stalontwerp

Voor meer informatie zie:

<http://www.win.tue.nl/~iadan/wiskundedag>