

# FAMAS/NewCon

J.R. van der Meer & R. de Koster

Vakgroep Management van Technologie en Innovatie, Faculteit der Bedrijfskunde, Erasmus Universiteit Rotterdam

P. Meersmans & R. Dekker

Vakgroep Econometrie en Besliskunde, Faculteit der Economische Wetenschappen, Erasmus Universiteit Rotterdam

## Introductie

Door de toenemende groei in containertransport ontstaat op een aantal plaatsen over de wereld een behoefte aan een nieuwe generatie containerterminals. In 1996 nam het Centrum voor TransportTechnologie (CTT) het initiatief het onderzoeksprogramma FAMAS (First All Modes All Sizes) te starten met het doel een nieuwe generatie terminals te ontwerpen die alle modaliteiten en alle soorten schepen aankan, inclusief de Jumbo Container Schepen met een capaciteit van acht- tot tienduizend TEU (Twenty foot Equivalent Unit) containermaat. Om dit doel te bereiken zal een terminal ontworpen worden met een hoog niveau aan automatisering. Dit wordt onder andere gerealiseerd door het robotiseren van het stacken en terminaltransport. Europe Combined Terminals (ECT) maakt al gebruik van deze technologie en is daarom één van de hoofdpartners in het FAMAS programma.

## 1. Situatieschets

Bij de vervoersketen van containers zijn veel organisaties betrokken, zeker als het intercontinentaal transport betreft (zie Celen en Leijn, 1996). Stel dat het transport een zending consumentenelectronica van producent naar afnemer betreft. De producent is de opdrachtgever van het transport en boekt bij de expediteur. De expediteur is de tussenpersoon die een vervoerder inschakelt om de goederen naar de haven te transporteren. Dit transport zal in de regel per vrachtauto, spoor of binnenvaart plaatsvinden. De zeereis wordt door de expediteur geboekt bij een cargadoor, die de rederij vertegenwoordigt. De rederij zorgt voor het zeetransport. De stuwadoor wordt door de rederij ingeschakeld voor het laden en lossen van de schepen. Containerterminals kunnen in deze gepositioneerd worden op het punt waar goederen, verpakt in containers, wisselen van modaliteit. Een containerterminal is dus een inrichting voor overslag van containers van her ene vervoersmiddel op het andere.

Zo is het doel om binnen de geschetste context van een nieuwe generatie containerterminals, te komen tot enkele voorstellen over de lay-out van de terminal waarop besturingsconcepten vervolgens met behulp van simulatie worden getoetst. Aan het transport tussen zeekade en de stack wordt bijzondere aandacht besteed, hier ligt het kritieke element in het overslagbedrijf.

Alhoewel alle modaliteiten gelijke prioriteit in afhandeling krijgen, spitst het onderzoek zich met name toe op de waterzijdige afhandelingen. De reden ligt in het feit dat door de komst van de Jumbo schepen (van acht- tot tienduizend TEU) de

prestaties in de waterzijdige afhandelingen extreem hoger zal moeten liggen dan nu haalbaar is.

Logistiek wordt de eis gesteld elk willekeurig schip, daarbij inbegrepen een Jumbo, binnen 24 uur te behandelen. Dit stelt dusdanige hoge eisen aan de kadekranen, het terminal transport, de stackingsfaciliteiten, de servicestations voor de continentale verbindingen en bovenal de terminalbesturing, dat een kwalitatieve technologische sprong moet worden gemaakt (zie Celen et al 1997).

Het primaire doel van het FAMAS-programma:

1. Het behouden en verder uitvoeren van de technologische voorsprong door het uitvoeren van gerichte hoogwaardige technologische onderzoeksprojecten die leiden tot geverifieerde en implementeerbare ontwerpen voor gerobotiseerde terminals.
2. Het creëren en benutten van mogelijkheden om op de wereldmarkt snel voorbestemde ontwerpen en implementaties voor FAMAS-terminals aan te bieden, teneinde de technologische voorsprong van Nederland op dit terrein uit te buiten.

Het programma is onderverdeeld in een aantal projecten zoals New Terminal Control (NewCon), Jumbo Container Crane (JCC) en Automated Guided Vehicles (zie Mascini 1997).

Eén van de belangrijkste onderdelen van het FAMAS project is de containerterminal besturing. Dit deel is ondergebracht in het deelproject NewCon. Binnen NewCon is een aantal transport gerelateerde bedrijven, zoals Frog Navigations Systems, ECT, Cap Gemini en (kennis)instituten, zoals TRAIL bijeen gekomen om gezamenlijk het project succesvol te laten verlopen. De rest van dit artikel is gewijd aan het NewCon deel van het FAMAS project, met name aan een van de simulatiemodellen die ontwikkeld worden, teneinde de besturing te testen noodzakelijk voor de hoge prestatie eisen die gesteld worden.

### **NewCon: Betrokken Partijen**

#### *Cap Gemini*

Cap Gemini is een grote internationale onderneming op het gebied van automatisering en heeft de leiding van het deelproject Architectuur Integrerend Informatie-Systeem.

#### *Europe Combined Terminals B.V. (ECT)*

ECT is stuwadoor en het grootste containeroverslagbedrijf in Europa. ECT is op vele vlakken de drijvende kracht achter verregaande innovatie van containeroverslag en sinds lange tijd betrokken bij diverse projecten op dat terrein. ECT zal op de eerste plaats zorg dragen voor de inbreng van praktijkgegevens en kennis.

#### *Frog Navigation Systems b.v. (FNS)*

FNS is een onderneming in transportautomatisering op het gebied van voertuignavigatie en -besturing. FNS ontwierp het navigatieprincipe FROG en levert in dit project een belangrijke bijdrage aan het deelproject New Terminal Transport.

#### *TRAIL Onderzoeksschool*

Het KNAW erkende onderzoeksschool TRAIL neemt deel als participant en penvoerder en zal een belangrijk aandeel hebben in de kennisinbreng en -verwerving met betrekking tot de besturing. Binnen TRAIL wordt er door de TU Delft aan NewCon gewerkt (J. Evers, M. Duinkerken, D. Lindeijer en J. Ottjes) en door de Erasmus Universiteit (benevens de auteurs ook I. Vis, H. Krikke en P. Voogd).

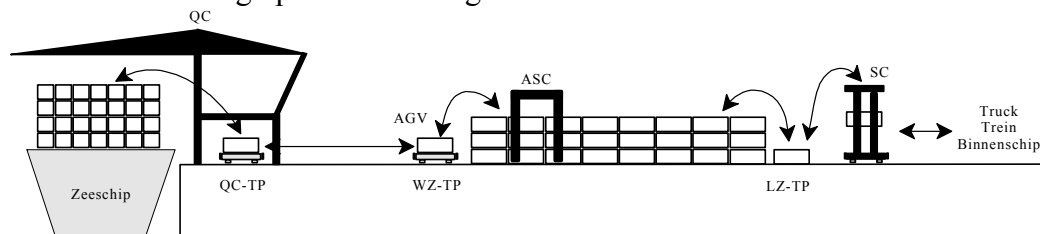
## 2. Modelbeschrijving

In figuur 1 worden de containerstromen op de FAMAS terminal afgebeeld. Er zijn hier vier soorten equipment te zien, te weten: de bemande QC (Quay Crane: kadekraan), de onbemande AGV (Automatic Guided Vehicle), de onbemande ASC (Automated Stacking Crane: stack-kraan) en de bemande SC (straddle carrier). De QC transporteert de te laden en te lossen containers tussen schip en kade. De AGV transporteert de containers over de kade tussen het schip en de stack (tijdelijke opslagplaats voor containers). De ASC verzorgt de in- en uitslag van zowel de landzijdige als de waterzijdige containers in de stack. De straddle carriers transporteren de landzijdige containers tussen de stack en de landzijdige modaliteiten. In figuur 1 zijn verder drie overslagpunten te zien. Het transferpunt onder de kraan (QC-TP) en verder het waterzijdige (WZ-TP) en landzijdige transferpunt (LZ-TP) bij de stack.

Op het QC-TP worden de AGV's met een te laden container gepositioneerd, die vervolgens opgepakt en in het schip geladen wordt door de QC. Andersom staan hier de lege AGV's gepositioneerd, die de door de QC geloste containers afzetten bij de stack (WZ-TP).

Op het WZ-TP worden de AGV's gepositioneerd. De waterzijdige inslagcontainers worden hier door de ASC opgepakt van de AGV's en vervolgens opgeslagen in de stack. Andersom worden hier de waterzijdige uitslagcontainers door de ASC afgezet op lege AGV's.

Op het LZ-TP worden de landzijdige containers neergezet. De containers die de ASC uitslaat ten behoeve van de landzijde worden hier afgezet, waarna de straddle carriers deze oppakken en transporteren naar de landzijdige modaliteiten. Andersom zetten de straddle carriers hier de containers neer die afkomstig zijn van de landzijdige modaliteiten. De ASC pakt deze containers vervolgens op en slaat deze in de stack op. In de simulatie wordt het deel vanaf het LZ-TP tot de landzijdige modaliteiten wordt alleen als belasting op de stack meegenomen.



Figuur 1: Containerstromen op de FAMAS terminal.

In deze bijdrage zullen we het simulatiemodel beschrijven zoals door de Erasmus Universiteit is ontwikkeld voor de planning en scheduling van de AGV's en ASC's. Aan de TU Delft wordt een vergelijkbaar simulatiemodel ontwikkeld wat zich

speciaal richt op het efficiënt rijden van de AGV's en dat ook in meer detail modelleert.

### Scenario's

Op dit moment zijn 2 onderzoeks-cases beschreven die zich onderling onderscheiden door verschillen in lay-outs, verkeersgeleidingsprincipes en mate van ontkoppeling van kadetransport en stack:

1. *De referentie-case*: een lay-out die aansluit bij de huidige circulerende routing. Ter validatie van de modellering dient eerst een huidige situatie nagebootst te worden voor het behandelen van een schip met 4 kranen. Daarna zal worden onderzocht met hoeveel de productie bij dit type van lay-out en routing kan worden opgevoerd met behulp van geavanceerde voertuigbesturing en uitgifte van rijopdrachten.
2. *De nieuwe terminal-case*: een andere lay-out, terminal besturing of stackopbouw, bv. via een dwarse oversteek op de kade een maximale ontkoppeling tussen de voertuigen, extra voertuigbanen waarin voertuigen met container kunnen bufferen en gesorteerd worden, gebruik maken van een beter geïntegreerd plannings- en besturingsalgoritme voor de transportvoertuigen en stackopbouw. Het is de bedoeling meerdere lay-out en terminal configuraties te evalueren. Bij alle staan echter de automatische gerobotiseerde containerhandling voorop.

De genoemde cases worden gecombineerd met twee belastingsgevallen

- 500.000 containerbezoeken per jaar, het zgn. 'laag scenario'
- 3.000.000 containerbezoeken per jaar, het zgn. 'hoog scenario'.

Voor alle optredende combinaties van cases en scenario's zullen simulatiestudies worden verricht om inzicht te verkrijgen in de prestatie in relatie tot verschillende parameterinstellingen.

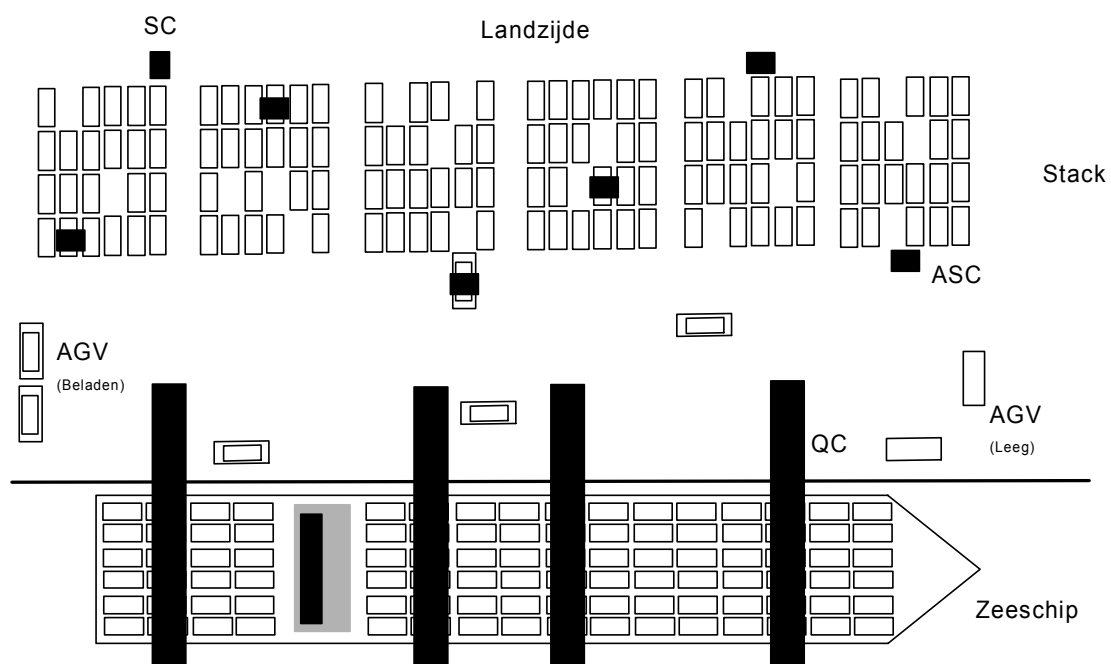
De belangrijkste prestatie maatstaf is de te behalen containerstroom van en naar de Jumbo schepen gerekend over 24 uur. Verder is er een aantal nevenprestatie maatstaven die doorslaggevend kunnen zijn voor het bepalen van het beste model, zoals:

- Doorlooptijd van een schip (het verschil tussen het moment dat de eerste container behandeld kan worden en het moment dat de laatste container behandeld is).
- Aantal containerbewegingen/m<sup>2</sup>/tijdseenheid.
- Gemiddelde, maximale responsetijden van containers (het verschil tussen het moment dat een container beschikbaar is om getransporteerd te worden en het moment dat de container zijn bestemming bereikt heeft).
- Aantal benodigde transportvoertuigen (QC's, AGV's en ASC's) gegeven een bepaalde minimale doorzet.
- Bezettingsgraden van QC's, ASC's en AGV's.
- Het aantal verkasoperaties (i.v.m. de kwaliteit van de stackopbouw en de daarmee samenhangende informatievoorziening). "Verkassen" is het tijdelijk wegzetten van containers in de stack teneinde een gevraagde onderstaande container te kunnen bereiken

- De invloed van storingen op de voortgang van het proces.
- Congestie en deadlock-gevoeligheid.

### Model componenten: systemen en processen

In figuur 2 is een vereenvoudigd bovenaanzicht van een algemene containerterminal weergegeven. Hierin zijn duidelijk de verschillende systemen terug te vinden: de zeeschepen waarvoor laad- en losplannen worden gegenereerd, de QC's (kadekranen) die in een vaste volgorde de containers moeten laden en lossen, AGV's die in de bochten veel ruimte nodig hebben, de ASC's waarvoor inslag, uitslag en verkas operaties aan worden toegewezen voor zowel de zeezijdige als landzijdige afhandelingen, en de stack waarin containers tijdelijk worden opgeslagen voordat ze met de volgende modaliteit verder getransporteerd worden.



Figuur 2 : Vereenvoudigd bovenaanzicht van containerterminal

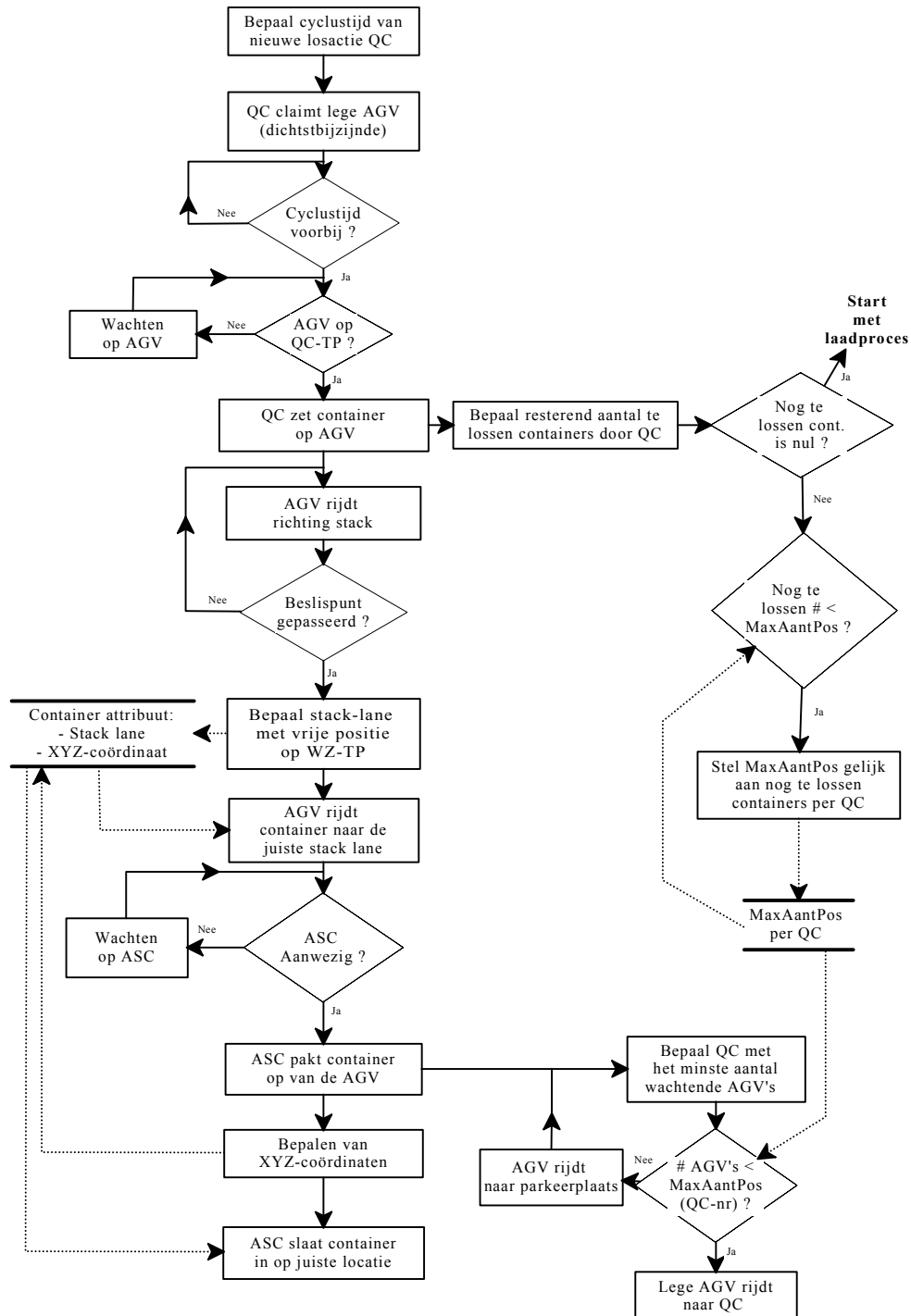
In figuren 3 en 4 is met vereenvoudigde stroomdiagrammen aangegeven hoe beslissingen en processen van het lossen en laden van een zeeschip elkaar opvolgen en in het simulatiemodel worden geïmplementeerd.

### Laad en losprocessen kadekranen

Bij het laden en lossen van de containers wordt geen onderscheid gemaakt tussen onderdekse en bovendeckse handelingen, 20 ft en 40 ft containers. Bovendien zijn de tijdselementen, die te maken hebben met het onmiddellijk opschuiven van de QC tussen baaien, het verwijderen en plaatsen van luikdeksels en mogelijke verstoringen in deze cyclustijd opgenomen. Mogelijke verstoringen zijn:

- De spreader van de kadekraan blijft vast zitten bij het neerzetten van een container.

- De spreader blijft niet genoeg stilhangen (bijv. vanwege de wind) om een container op te pakken of neer te zetten.
- Een echt ingrijpende verstoring is dat de kadekraan kapot gaat. Een dergelijke verstoring komt in de praktijk echter incidenteel voor en wordt dan ook niet in de simulatie meegenomen.

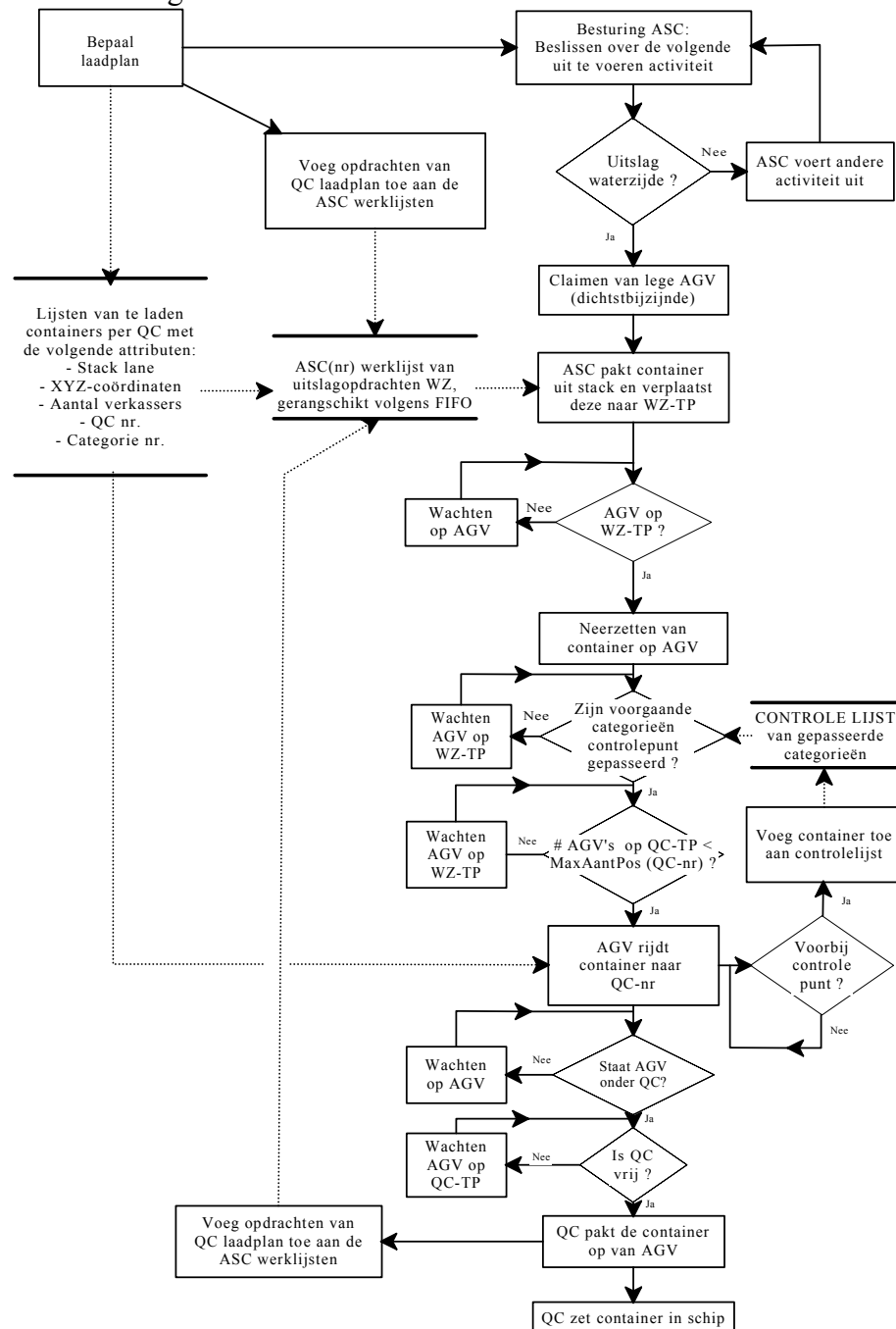


Figuur 3 : Principe stroomdiagram van het losproces van een zeeschip

Een kadekraan begint pas met het laden van containers, nadat alle door die kadekraan te lossen containers ook daadwerkelijk zijn gelost. Het is wel mogelijk dat de ene

kadekraan nog bezig is met het lossen van de containers, terwijl de andere kadekraan al begonnen is met het laden van de containers.

Voor een laadactie geldt: indien de vastgestelde cyclustijd voor het uitvoeren van een laadactie verstreken is, wordt de kadekraan vrijgegeven voor een volgende laadactie. Omgekeerd geldt voor een losactie: indien de vastgestelde cyclustijd voor het uitvoeren van een losactie verstreken is, kan de container afgezet worden op een leeg AGV. Nadat deze container daadwerkelijk is afgezet, wordt de kadekraan vrijgegeven voor een volgende losactie.



Figuur 4 : Stroomdiagram van het laadproces van een zeeschip  
Laad en losprocessen AGV's

Op de AGV's passen containers van 20, 40 en 45 ft. Al past er 2 TEU op, er wordt maximaal 1 container per AGV vervoerd. De AGV's rijden over dynamische tracks

(vaste geleidingspaden die eventueel softwarematig bijgesteld kunnen worden) met een snelheid van ca. 3 - 4 m/s (in de toekomst wordt dit hoger). Een AGV rijdt in het algemeen het rondje QC, Stack, QC enz...

### *Losproces*

Nadat de AGV een opdracht heeft ontvangen, begint deze te rijden om de opdracht uit te voeren. Met behulp van de af te leggen afstand en de snelheid kan de minimale ritduur worden bepaald. Na het laatste moment dat de opdracht van de AGV kan worden gewijzigd, rijdt de lege AGV naar zijn definitieve bestemming. Vlak voor de QC is een wachtrij (buffer) ontstaan van AGV's die containers bij de QC moeten afhalen. Indien de wachtrij leeg is, kan de AGV direct tot stilstand komen onder de QC. Anders neemt de AGV zijn plaats achteraan de rij in. Op het moment dat de AGV tot stilstand is gekomen onder de QC kan de container op de AGV worden geplaatst. De benodigde tijdsduur hiervoor is verwerkt in de cyclustijd van de QC. De AGV kan vertrekken op het moment dat de container is geplaatst op de AGV. Van het 'stackopbouw-besturingssysteem' wordt de opdracht ontvangen naar welke lane (gang in de stack) de container moet worden gebracht. Op het moment dat de AGV vertrekt naar de ASC-lane wordt het 'ASC-besturingssysteem' geactiveerd. Hierdoor is de desbetreffende ASC op de hoogte van de komst van de container. Op het moment dat de AGV arriveert op het transferpunt bij de ASC is het voor de ASC mogelijk om de container van de AGV te halen. Als de ASC de container van de AGV heeft afgehaald, is de AGV leeg. Op dit moment kunnen verschillende beslissingen worden genomen over de volgende actie van de AGV. Die beslissing wordt genomen door het 'AGV-besturingssysteem'. De AGV kan bijvoorbeeld de opdracht ontvangen om een te laden container bij een ASC af te halen of een AGV kan de opdracht ontvangen om ergens te parkeren.

### *Laadproces*

Nadat de AGV een laadopdracht heeft ontvangen, begint deze te rijden om de opdracht uit te voeren. Na het laatste moment dat de opdracht van de AGV nog kan worden gewijzigd door het AGV-besturingsmechanisme, rijdt de lege AGV naar zijn definitieve bestemming. Vlak voor de ASC is een wachtrij (buffer) ontstaan van AGV's die containers bij de ASC moeten afhalen. Op het moment dat de AGV is gearriveerd op het transferpunt kan de ASC de container op de AGV plaatsen. Op het moment dat de container op de AGV is geplaatst, kan de AGV naar de QC rijden. De volle AGV zal vervolgens plaatsnemen in de wachtrij voor de QC. Als de AGV arriveert bij de QC, haalt de QC de container van de AGV. Als de QC de container van de AGV heeft afgehaald kunnen verschillende beslissingen worden genomen over de volgende actie van de AGV. Die beslissing wordt weer genomen door het 'AGV-besturingssysteem' (zie de paragraaf hierboven).

### *Laad en Losprocessen ASC's*

In het algemeen worden alle (van schepen) geloste containers tijdelijk in de stacks opgeslagen. Er wordt in eerste instantie random gestackt binnen de stack maar er wordt wel rekening gehouden met de uitgaande modaliteit: in de stack is namelijk een verdeling waterzijde/landzijde. Als een geladen AGV bij de stack aankomt, duurt het



minimaal 40 seconden voordat deze weer leeg kan vertrekken. Tussen de containers (naast elkaar) zit een tussenruimte van 50 cm. De containers staan in de breedte dus 3 meter hart tot hart uit elkaar en in de lengte 6,5 voor 20 ft en 13 meter voor 40 ft hart tot hart uit elkaar. Hierdoor is het mogelijk dat er tussen de containers doorgelopen kan worden i.v.m. controle, storingsen, calamiteiten, enz.. De ASC's hebben een capaciteit van ongeveer 20 containers per uur. Zij hebben een kraanrijnsnelheid van maximaal 4 m/s en hebben geen draaikat.

### *Losproces*

Nadat de ASC een opdracht heeft ontvangen, verplaatst deze zich naar het transferpunt aan de inslagkant. De ASC arriveert op het transferpunt waar de container van de AGV wordt gepakt en wordt ingeslagen. Indien de AGV reeds aanwezig is, kan deze operatie direct worden uitgevoerd. Anders moet de ASC op dit punt wachten totdat de AGV is gearriveerd. Indien de AGV is gearriveerd bij het transferpunt kan de ASC de container van de AGV oppakken. Op dit moment wordt het 'lane-opbouw besturingsmechanisme' geactiveerd om zo de juiste coördinaten voor de container te bepalen. Met behulp van de door het 'lane-opbouw besturingsmechanisme' bepaalde positie kan de ASC de container op de juiste plaats in de stack plaatsen. De ASC voert de hiervoor benodigde bewegingen sequentieel uit. Op het moment dat de container in de stack is geplaatst, is de ASC beschikbaar voor een nieuwe opdracht. Met behulp van het 'ASC-besturingsmechanisme' wordt deze nieuwe opdracht bepaald. Eén van de mogelijke beslissingen is dat de ASC een te laden container uit de stack oppakt. Andere opdrachten die een ASC kan uitvoeren zijn bijvoorbeeld het uitvoeren van verkassers en het voorpositioneren van containers (van tevoren klaarzetten in de buurt van een transferpunt van later uit te voeren opdrachten). Indien geen van de voorgenoemde opdrachten hoeft te worden uitgevoerd gaat de ASC zich opstellen op een wachtpositie. Dit zal in de meeste gevallen de plaats zijn waar de laatste opdracht door de ASC is uitgevoerd.

### *Laadproces*

De ASC heeft de opdracht gekregen om een voor uitslag bestemde container uit de stack te halen. De ASC rijdt dan naar de juiste positie en pakt de container uit de stack. De ASC rijdt met de container naar het transferpunt om de container op de AGV te kunnen plaatsen. Dit proces kan alleen worden uitgevoerd indien een lege AGV in de buffer voor de ASC aanwezig is. Indien de voorste AGV in de buffer is gearriveerd op het transferpunt kan de ASC de container op de AGV plaatsen. Op het moment dat de container op de AGV is geplaatst, is de ASC beschikbaar voor een nieuwe opdracht. Met behulp van het 'ASC-besturingsmechanisme' kan deze nieuwe opdracht worden bepaald (zie de paragraaf hierboven).

### **Gebruikte tools**

Aangezien meerdere partijen betrokken zijn in het FAMAS project, waarbij de implementatie van verschillende delen van het simulatiemodel door verschillende partijen wordt gemaakt die later moeten worden samengevoegd, is gekozen voor een simulatietool dat alle partijen beheersen en dat algemeen beschikbaar is. Bovendien moest het voldoen aan de eisen dat het makkelijk overdraagbaar is, dat verschillende

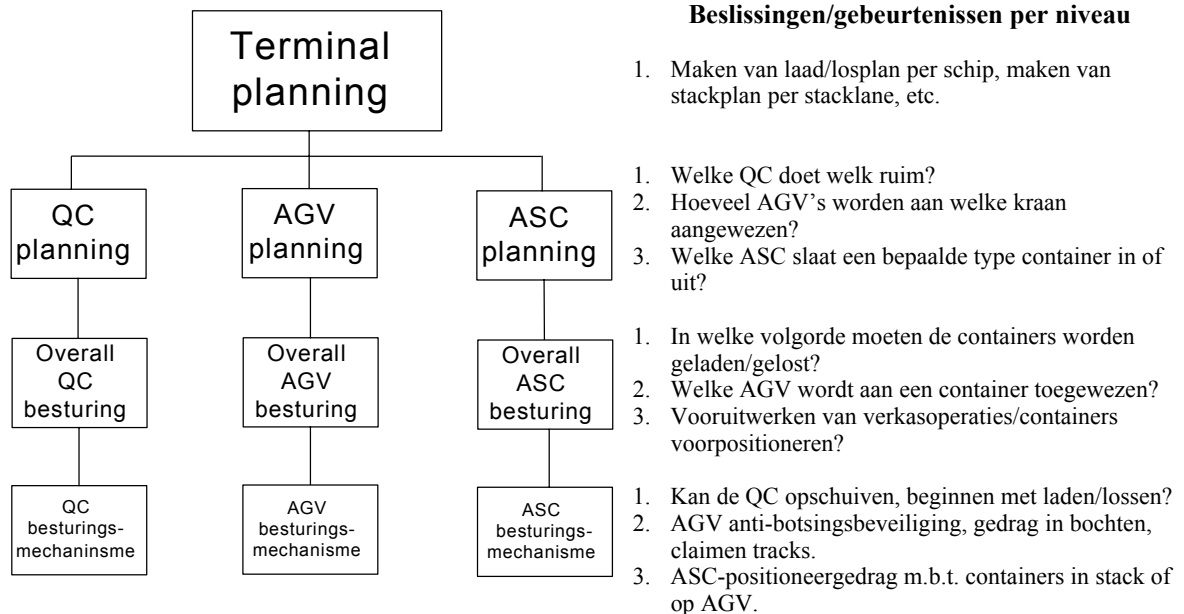
delen van verschillende partijen eenvoudig samengevoegd kunnen worden, waarin goede plannings- en besturingsalgoritmes kunnen worden geschreven of kunnen worden aangeroepen met een interface, waarin het onderliggende gedrag van de simulatie ook grafisch kan worden weergegeven (zoals het bochtgedrag van twee AGV's die naast elkaar een bocht willen nemen) en waarin programmeerfouten met behulp van 'debug' functies te traceren zijn.

Uiteindelijk is gekozen voor de simulatiemodule MUST. MUST is een module met een aantal simulatieprocedures gebaseerd op de programmeertaal Pascal. Het nadeel is dat dit inmiddels een derde generatie programmeertaal is die met MUST alleen op een 'DOS-machine' kan draaien.

### Modellerproblemen

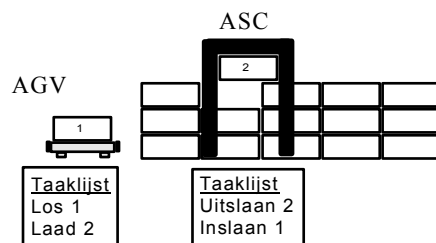
De meeste problemen die in de beginfase ontstaan bij modellen die met behulp van plannings- en besturingsalgoritmes transportmaterieel aansturen, is het kiezen van de juiste algoritmes. In het bijzonder als meerdere soorten materieel nauw met elkaar moeten samenwerken. Een 'optimaal' besturingsalgoritme voor de ASC's en voor de AGV's, betekent niet dat de besturing voor ASC's en AGV's tezamen optimaal is. Bovendien moet besloten worden in welke mate van detail de planning en besturing van de terminal gemodelleerd wordt. In figuur 6 wordt de interactie van verschillende niveau van planning en besturing weergegeven.

Figuur 5: Niveau's van terminal planning en besturing



Naast het stroomschema in figuur 5 staan enkele voorbeelden van beslissingen die op dat niveau genomen worden. Niet alle componenten worden afzonderlijk gemodelleerd, zo zal bijvoorbeeld de tijd voor het opschuiven van de QC (QC besturingsmechanisme) worden opgenomen in de parameters van de kraancyclustijd en zal de tijd voor het positioneren van een container door een ASC (ASC besturingsmechanisme) worden opgenomen in de cyclustijden van de ASC's.

De besturing van de ASC's en AGV's kunnen dus niet onafhankelijk worden gemaakt en later worden samengevoegd met een kleine koppelingsprocedure. Een vaak voorkomend gevaar in dit soort modellen is het ontstaan van 'deadlocks'. Figuur 6 illustreert een mogelijke deadlock. Terwijl de beladen AGV zijn container (container nummer 1) wil lossen bij de ASC en daarna bij de stack wacht om geladen te worden voor container 2, wil de met container 2 beladen ASC de container eerst uitslaan en dan container 1 van de AGV inslaan. Het probleem is niet dat de taken voor het containervervoer aan dat specifieke voertuig is toegewezen of dat de voertuigen aan elkaar zijn toegewezen, maar dat de taaklijsten onafhankelijk zijn gemaakt.



Figuur 6 : Voorbeeld 'deadlock' situatie

Zonder toelaatbaarheidstoets op de taaklijsten is een deadlock niet uit te sluiten. Een compleet geïntegreerd geheel, inclusief de taken van de kadekranen, landzijdige modaliteiten enz. kan het voorkomen van deadlocks beter vermijden. Echter, zulke procedures zijn enorm complex, zelfs als simpele besturingsregels worden aangehouden. Als er met complexere besturing wordt gewerkt om het containertransport nog efficiënter af te handelen, wordt het geheel wellicht onoverzichtelijk en wordt het misschien zelfs onmogelijk om fouten terug te vinden of te herstellen.

### Het nut van de simulatie

De afhandeling van toekomstige Jumbo schepen (acht- tot tienduizend TEU) staat binnen FAMAS centraal. Dit vraagt om een terminal die geschikt is voor de afhandeling van ca. 6000 containerbewegingen (3000 laden en 3000 lossen) binnen 24 uur. De Jumbo's staan het gebruik van maximaal 6 kranen toe (bij eenzijdige afhandeling) hetgeen tot enorme prestatieëisen aan de kranen en het gehele achterliggende systeem leiden. Die prestatie ligt in de orde van grootte van 60 tot 120 containerbewegingen per kraan per uur, hetgeen ongeveer 2 maal zo hoog is als tot op heden bij ECT het geval is. De huidige gerobotiseerde terminal bij ECT suggereert dat dit mogelijk moet zijn, echter aanpassingen aan de terminal- en stack lay-out, terminal besturing (voor kadekranen, AGV's, ASC's, straddle carriers) en ontwerp van de terminal uitrusting (snellere kranen en AGV's) zal waarschijnlijk nodig zijn. Het is natuurlijk onmogelijk om verschillende combinaties van aanpassingen

werkelijk op de terminal uit te proberen, nog afgezien van de zeer hoge lasten die dit met zich mee zou brengen. Handiger is dan een rekenmodel op schaal. Aangezien de informatie over de containers en verstoringen 'on-line', ofwel pas tijdens het behandelingsproces, ter beschikking komen, wordt er gebruik gemaakt van een simulatiemodel. Complexe exacte modellen waarbij ver vooruit gekeken kan worden hebben in deze 'on-line' omgeving weinig toegevoegde waarde. Bovendien kunnen dan situaties ontstaan die de prestatie zelfs verslechteren (zie Van der Meer en De Koster 1998). Door de simulatie te ondersteunen met animatie is het ook mogelijk voor buitenstaanders om te volgen wat precies gebeurt. Experts kunnen dan oordelen of er geen rare dingen gebeuren waarvoor het model zou moeten worden aangepast. Het effect van verschillende parameter instellingen, het ontstaan van eventuele deadlock situaties enz. zijn in dit soort modellen dan makkelijk te zien.

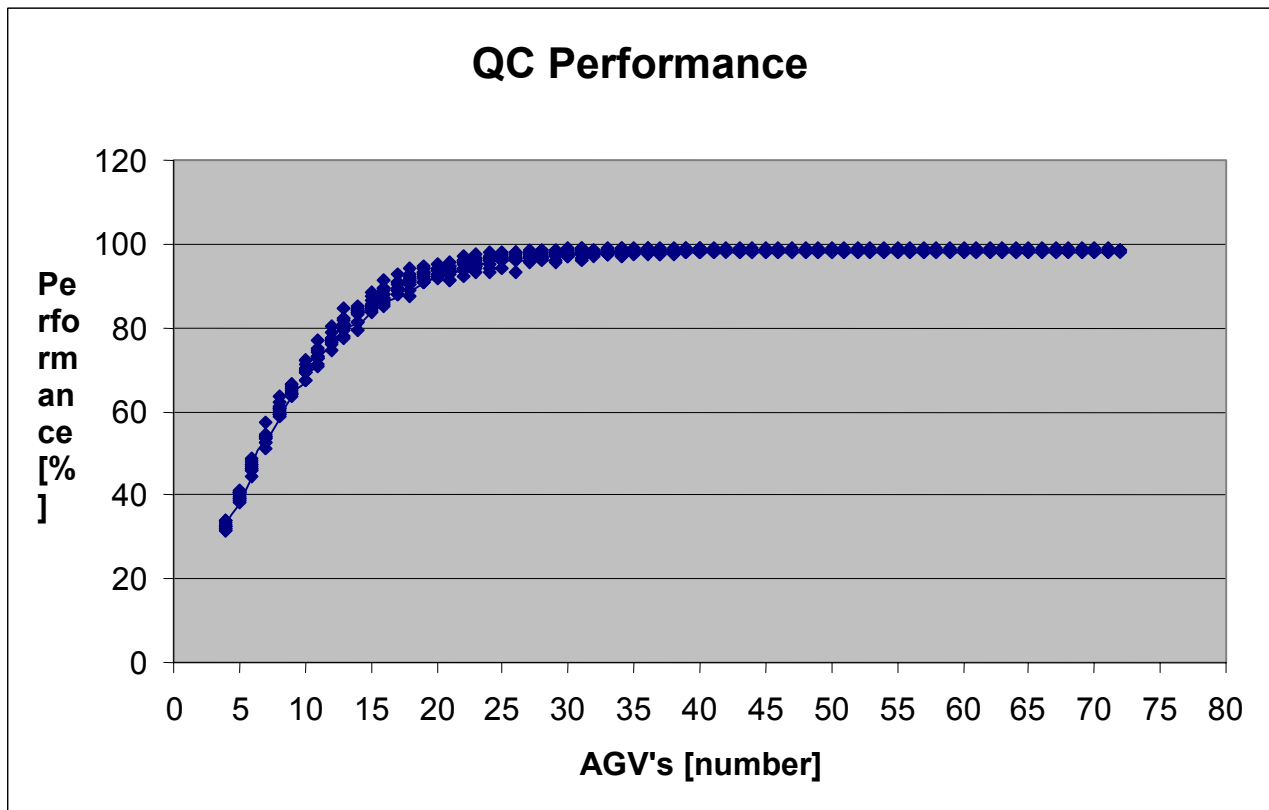
### 3. Slot

Door alle betrokken partijen wordt simulatie als noodzakelijk ervaren teneinde de kostbare investeringen in dergelijke complexe terminals te verantwoorden. De ervaring leert dat met behulp van simulatie verbeteringen onderzocht kunnen worden in:

- de lay-out (aantal stackrijen, lengte en hoogte van stackrijen, AGV-tracks, aantal stacks, het gebruik van tussenstacks e.d.)
- overall terminal planning
- planning en besturing van verschillende voertuigtypen
- evaluatie van de invloed van storingsgedrag op de prestatie
- bepaling van het aantal noodzakelijke voertuigen per type.

Volgens Van der Meer en De Koster (1998) blijkt dat met behulp van slimme plannings- en besturingsregels besparingen op de wachttijden van materiaal dat getransporteerd dient te worden (en de daarmee samenhangende operationele kosten) in de orde van grootte van 7% kunnen worden gehaald, in dit geval werd de besturing uitgevoerd op basis van informatie over opdrachten die pas een aantal tijdseenheden later zouden worden vrijgegeven.

Het project is op dit moment (anno 1998) volop in ontwikkeling, de eerste resultaten wijzen inderdaad op aanzienlijke besparingen die mogelijk gemaakt worden met efficiënte besturing. Echter het aantal variabelen, zoals lay-out, voertuigtypen, plannings- en besturingsmethoden is groot. De terminalprestatie wordt bovendien sterk bepaald door de randvoorwaarden (veiligheidsaspecten ed.). Een voorbeeld van een resultaat zullen we hier beneden laten zien. Het betreft het effect van het aantal AGV's op de QC performance (uitgedrukt in % van hun maximale performance). De figuur laat zien hoeveel AGV's er nodig zijn in een bepaalde situatie.



#### Referenties

Celen H.P., Slegtenhorst R.J.W., Van der Ham R. TH., Nagel A., Van den Berg J., De Vos Burchart R., Evers J.J.M., Lindeijer D.G., Dekker R., Meersmans P., De Koster M.B.M., Van der Meer J.R., Carlebur A.F.C., Nooijen F.J.A.M., (1997) FAMAS, NewCon Definitiestudie, CTT publicatiereeks 32, ISBN 90-76091-36-6.

Celen H.P., Leijn R.A., (1996), Europe Combined Terminals BV, Delta Sea-Land terminal, een geautomatiseerd openluchtmagazijn van 60 ha., in : J.P. Duijker *et al.* (red.), Praktijkboek Magazijnen/Distributiecentra, Kluwer Bedrijfsinformatie, pp.3.14.D-01-D-18.

Mascini J.A., (1997) FAMAS First , All modes, All Sizes, Bijdragen Vervoerslogistieke werkdagen 1997 ISSN:0924-0756.

Van der Meer, J.R., De Koster, R., (1998), A Classification of Control Systems for Internal Transport, (submitted for publication), In: Lecture notes of IWDL4, P. Stähly *et al.* (eds.), Springer (Berlin).

