

HET BELADINGSPROBLEEM
VAN EEN
HETEROGEEN PRODUKTENPAKKET

*Een onderzoek uitgevoerd ter ondersteuning van de implementatie
van CAR binnen Nedlloyd Districenters Utrecht*

Utrecht, 11 mei 1992.

Luc Hogenboom.

K.U.B. Boek

Voorwoord.

Voor u ligt het resultaat van een onderzoek naar een algemene oplossingsmethode voor het beladingsprobleem van een heterogeen produktenpakket. Het afstudeerverslag is samengesteld in opdracht van Nedlloyd Districenters en vormt voor mij de afsluiting van mijn studie Econometrie aan de Katholieke Universiteit Brabant te Tilburg.

Op deze plaats wil ik een woord van dank richten tot mijn begeleiders Ir. A. Vermeulen vanuit Nedlloyd Districenters, Dr. Ir. J. Ashayeri vanuit de Katholieke Universiteit Brabant en Drs. M. Hendrickx vanuit OASIS Decision Support Systems.

Daarnaast bedank ik Dr. R. Heuts voor het willen zitting nemen in de examencommissie en Ing. R. Groot voor zijn begeleiding gedurende de eerste weken van mijn stage.

Tevens bedank ik de medewerkers van NDC-Utrecht, in het bijzonder H. Voorn, Y. Arnoldus en M. Moerings, voor de fijne samenwerking.

Een laatste woord van dank gaat tenslotte uit naar iedereen die mij behulpzaam is geweest bij dit onderzoek, met name GN'R.

Luc Hogenboom.

Utrecht, 11 mei 1992.



Management Summary.

Geautomatiseerde rittenplanning wordt door steeds meer distributiecentra toegepast bij het optimaliseren van de te rijden ritten. Vanuit concurrentie oogpunt neemt de druk tot toepassing van geautomatiseerde hulpmiddelen voor de rittenplanning steeds meer toe. Het is daarom dan ook van zeer groot belang de distributie kosten minimaal te houden.

Het rapport geeft antwoord op de vraag of het mogelijk is de huidige handmatige rittenplanning van Nedlloyd Districenters Utrecht te ondersteunen middels het rittenplanningspakket CAR. Met name wordt hierbij gekeken naar het vinden van een oplossing voor het beladingsprobleem van een heterogeen produktenpakket, zodat het pakket optimaal kan functioneren. Nedlloyd Districenters Utrecht is hiervoor als case studie genomen.

Een van de conclusies is dat met behulp van ladingsequivalenten het beladingsprobleem van een heterogeen produktenpakket ondervangen kan worden.

Door deze simpele oplossing kan een rittenplanningspakket door elk distributiecenter geïmplementeerd worden, mits de produkten voorzien kunnen worden van een ladings-equivalente maat. Een kritische succesfactor voor ladingsequivalenten is echter wel dat de ladingsequivalente maat zo grof mogelijk gekozen dient te worden. Het niet grof kiezen van zo'n maat kan resulteren in niet-haalbare ritten qua toegestane capaciteit, waardoor het gebruik van een rittenplanningspakket minder rendabel zal zijn.

Voor NDC-Utrecht is uit het onderzoek naar voren gekomen dat de ladingsequivalente maat 'eenheden' het best toepasbaar is. Het belangrijkste voordeel van deze maat is dat de huidige handmatige planning reeds het begrip 'eenheden' hanteert ter bepaling van de beladingsgraad van een rit. Zodoende kan deze maat zonder grote aanpassingen van werkmethoden en zonder dat dit ten koste gaat van de flexibiliteit van CAR, toegepast worden.

Een belangrijk gevolg is wel dat een grote verantwoordelijkheid en nauwkeurigheid vereist wordt bij het toekennen van 'eenheden' aan produkten en vrachtwagens, betreffende het capaciteitsbeslag.

Het werken met ladingsequivalenten kan uitgebreid worden met een 'loading sequence' van plannen. Met de 'loading sequence' van plannen wordt de volgorde bedoeld waarin de verschillende soorten orders dienen te worden ingepland. Hierdoor kan een beladingsgraad verbetering en dus een verbeterde capaciteitsbenutting van een vrachtwagen gerealiseerd worden. Daarnaast kan de 'loading sequence' tevens een belangrijke meerwaarde creëren wat betreft de betrouwbaarheid van ladingsequivalenten.

Een advies voor NDC-Utrecht is dan ook om naast het werken met een ladingsequivalente maat 'eenheden' een 'Meerdere-Stappen' planning toe te passen. Zo'n 'Meerdere-Stappen' planning kan ervoor zorgen dat een beter overzicht bewaard wordt over de 'handelbaarheid' van de verschillende soorten produkten. Dit komt mede door de mogelijkheid dat bij een 'Meerdere-Stappen' planning rekening kan worden gehouden met meerdere prioriteitsniveau's voor de orders.

Daarnaast sluit een 'Meerdere-Stappen' planning beter aan bij de huidige handmatige werkwijze van orders inplannen.

Een geheel ander advies is om het vaststellen van het 'werkelijk toegekende' capaciteitsbeslag van de produkten, uitgedrukt in de ladingsequivalente maat 'eenheden', op een efficiënte en gestructureerde manier uit te voeren.

Groepentechnologie is in deze context een goede filosofie om dit te verwezenlijken. Van de verschillende methoden om Groepentechnologie aan te pakken geniet de klustering methode de voorkeur. Met name de matrix formulering van het klustering probleem stelt de planner in staat om aan de hand van een vaste oplossings procedure de produkten op een efficiënte manier te groeperen en toe te wijzen aan hun werkelijke capaciteitsbeslag.

Inhoudsopgave.

Voorwoord

Management Summary

1.	Inleiding	
1.1	Algemeen	7
1.2	Formulering stage-opdracht	8
1.3	Onderzoeksopzet	9
1.4	Methoden van onderzoek	9
2.	Algemene oplossingsmethoden voor het beladingsprobleem	
2.1	Inleiding	10
2.2	Exact oplossen	11
2.3	Niet-exact oplossen	12
	2.3.1 Ladingsequivalenten	12
	2.3.2 Ladingsequivalenten en 'loading sequence' planning	14
2.4	Samenvatting en conclusies	15
3.	Goederenanalyse	
3.1	Inleiding	17
3.2	Indeling verladers voor distributie	17
	3.2.1 Kwantitatieve criteria	17
	3.2.2 Combineren kwantitatieve criteria	20
	3.2.3 Kwalitatief criterium	20
3.3	Rangschikken producten A-verladers	21
	3.3.1 Verlader AEG	21
	3.3.2 Verlader Honda	22
3.4	Samenvatting en conclusies	23
4.	Analyse huidige werkwijze planning	
4.1	Inleiding	24
4.2	Beschrijving huidige situatie	24
	4.2.1 Geldende afspraken met verladers	24
	4.2.2 Geldende afspraken met vervoerders	25
4.3	Informatie analyse	25
	4.3.1 Planner	25
	4.3.2 Chauffeur	26
4.4	Huidige werkwijze planner	27
	4.4.1 Doelstellingen en restricties planner	27
	4.4.2 Beslisregels gehanteerd door planner	28
	4.4.3 Volgorde van ritten plannen	31
4.5	Huidige werkwijze chauffeurs	32
	4.5.1 Doelstellingen en restricties chauffeur	32
	4.5.2 Beslisregels gehanteerd door chauffeurs	32
4.6	Samenvatting en conclusies	33

5.	Systemanalyse	
5.1	Inleiding: Het Rittenplanningsproces	35
5.2	CAR: Computer Aided Routing	36
	5.2.1 Het wegenetwerk	37
	5.2.2 Het rekenmodel	37
	5.2.3 Voor- en nadelen beide heuristieken	39
	5.2.4 Opties CAR	40
5.3	DISYS: Districenter Information SYStem	41
5.4	Samenvatting en conclusies	42
6.	Onderzoek naar oplossing voor beladingsprobleem Utrecht	
6.1	Inleiding	44
6.2	Onderzoek naar mogelijke ladingsequivalenten	44
	6.2.1 Knelpunt bij beladen wagen	45
	6.2.2 Volume-maten	45
6.3	Toetsing haalbaarheid mogelijke alternatieven	45
	6.3.1 Vaststellen capaciteitsbeslag in CAR	45
	6.3.2 Selectie uit haalbare volume-maat alternatieven	46
6.4	Samenvatting en conclusies	46
7.	Loading sequence planning	
7.1	Inleiding	48
7.2	Produktklassen relevant voor distributie planning	48
7.3	Prioriteiten	49
7.4	Eén-Staps planning	50
7.5	Meerdere-Stappen planning	50
	7.5.1 2-Staps planning	51
	7.5.2 3-Staps planning	52
7.6	Voor- en nadelen één-staps versus meerdere-stappen planning	52
7.7	Samenvatting en conclusies	53
8.	Handmatige- versus geautomatiseerde planning	
8.1	Inleiding	54
8.2	Benodigde informatie	54
	8.2.1 Uitgangssituatie planning	54
	8.2.2 Informatie van belang voor rittenplanning met CAR	55
	8.2.3 Verwerking gegevens door CAR	55
8.3	Doelstellingen en restricties	56
	8.3.1 Consequenties CAR voor huidige werkwijze planning	56
8.4	Verwachte besparingen	56
8.5	Oplossingsmethode rittenplanning	57
8.6	Samenvatting en conclusies	57

9.	Implementatie aspecten voor CAR	
9.1	Inleiding	59
9.2	Ladingsequivalente maat 'eenheden'	59
	9.2.1 Eenheidsmaat	59
	9.2.2 Eenhedentoekenning aan produkten	59
	9.2.3 Eenhedentoekenning aan wagens	61
	9.2.4 Eenheden-verwerkingsproces	61
9.3	Prioriteiten	62
9.4	Haalbaarheid huidige werkwijze planning	63
	9.4.1 Het huidige eenhedenstelsel	63
	9.4.2 Extra informatie order	63
	9.4.3 LRV	63
9.5	Samenvatting en conclusies	64
10.	GT voor bepalen capaciteitsbeslag produkten	
10.1	Inleiding	65
10.2	Huidige situatie planning	65
10.3	Groepentechnologie	67
	10.3.1 Eenheidsmaat-produkt	67
	10.3.2 Methoden van familie Vorming	67
10.4	GT-methoden	68
	10.4.1 Klassifikatie methode	69
	10.4.2 Klustering methode	70
10.5	Toetsing haalbaarheid GT-methoden voor NDC-Utrecht	71
	10.5.1 Klassificeren en koderen	71
	10.5.2 Matrix formulering	72
	10.5.3 Oplossings procedure matrix formulering	74
	10.5.4 Case NDC-Utrecht	77
10.6	Samenvatting en conclusies	78
11.	Conclusies en aanbevelingen	79

- Bijlagen -

Hoofdstuk 1.

Inleiding.

1.1 Algemeen.

Nedlloyd Districenters B.V.

Nedlloyd Districenters B.V. is één van de vele Nedlloyd ondernemingen binnen 'De Koninklijke Nedlloyd Groep N.V.'. De Koninklijke Nedlloyd Groep N.V. is een internationaal opererend Nederlands concern, actief in transport en energie.

Nedlloyd Districenters B.V. omvat een groot aantal opslag- en distributiebedrijven over heel Europa verspreid. Een Districenter neemt de gehele externe logistieke service van zijn klanten voor zijn rekening. De externe logistieke service valt onder te verdelen in drie hoofdcategorieën:

1. transportation;
2. warehousing;
3. freight management.

De kernactiviteiten van een Districenter zijn dan ook:

- opslag;
- distributie.

Enkele nevenactiviteiten zijn onder andere:

- assemblage;
- verpakken;
- modificatie.

Nederland telt 11 vestigingen met ieder een eigen produktenpakket. Alle Districenters werken met een gecharterd vrachtwagenpark.

Nedlloyd Districenter Utrecht.

Het Districenter te Utrecht is gespecialiseerd in witgoed. Om een beter beeld te krijgen van het totale produktenpakket, worden enkele verladers, inclusief hun soort produktenpakket, bij naam vermeld:

1. AEG Ned. NV , witgoed;
2. Honda Ned. BV , brom- motorfietsen en power equipment;
3. Tonka , speelgoed;
4. Bag Sac Comp. , tassen, rugzakken etc.;
5. S.K.F. Gouda , kaarsen.

1.2 Formulering stage-opdracht.

Probleemstelling.

De huidige distributie planning bij NDC-Utrecht geschiedt handmatig aan de hand van een planlijst. Op deze planlijst zijn de orders onderverdeeld in routes, gebaseerd op een 4-cijferig postcode stelsel.

Het Districenter wil de distributie planning gaan ondersteunen middels het rittenplan-
ningssoftwarepakket CAR (=Computer Aided Routing). Een kostenoverweging is de
belangrijkste reden om over te gaan tot automatisering van de rittenplanning. Een
besparing van het plannen met een computer ten opzichte van de handmatige planning
wordt al snel behaald vanaf het werken met 8 à 10 vrachtwagens.

Voor elke willekeurige distributie planning geldt dat bij de bepaling van de haalbaarheid
van een rit op basis van de capaciteit van een vrachtwagen, de volgende twee situaties
onderscheiden kunnen worden:

1. Homogeen produktenpakket:
Het capaciteitsbeslag kan in CAR rechtlijnig doorberekend worden op basis van de
ladings eenheid per produkt.
2. Heterogeen produktenpakket:
De situatie is nu complexer omdat het capaciteitsbeslag van een produkt van 1 m³
van één ladings eenheid varieert met:
 - stapelbaarheid;
 - kantelbaarheid;
 - de combinatie van produkten in een wagen.

Het produktenpakket van NDC-Utrecht is duidelijk heterogeen te noemen.

Onderzoeksdoelstelling.

De onderzoeksopdracht kan het beste als volgt geformuleerd worden:

Het doel van het onderzoek is te komen tot een algemene oplossing voor het beladings-
probleem¹ van een heterogeen produktenpakket. Dit zal uiteindelijk moeten resulteren tot
een goede basis voor de invoering van CAR.

NDC-Utrecht is voor dit onderzoek als case-studie gekozen.

¹ Het probleem m.b.t. het vaststellen van de beladingsgraad (= de mate waarin de capaciteit van een vrachtwagen/rit wordt benut) van een heterogeen produktenpakket.

1.3 Onderzoeksopzet.

De opbouw van het onderzoek betreft tevens de opbouw van het rapport.

Opbouw van het stage-onderzoek.

Gegeven de onderzoeksdoelstelling, is de volgende opbouw van het onderzoek, weergegeven aan de hand van deelvragen, naar voren gekomen:

- Fase 1: Wat zijn algemeen mogelijke methoden van aanpakken ter oplossing van het beladingsprobleem? (Hoofdstuk 2)
- Fase 2: Hoe gaat de huidige planning te werk en wordt er rekening gehouden met het beladingsprobleem? (Hoofdstuk 3 en 4)
- Fase 3: Hoe werkt CAR? (Hoofdstuk 5)
- Fase 4: Gegeven de werkwijze van CAR, wat is de best realiseerbare oplossing voor NDC-Utrecht? (Hoofdstuk 6 en 7)
- Fase 5: Wat zijn de overeenkomsten en verschillen tussen de huidige manier van plannen en het plannen met CAR? Hoe kan in CAR het probleem onderhouden worden? (Hoofdstuk 8)
Welke implementatie aspecten zijn van belang, voor de gekozen oplossing, bij invoering van CAR? (Hoofdstuk 9)
- Fase 6: Gegeven de oplossingsmethode voor het beladingsprobleem, hoe kan op een theoretisch onderbouwde manier het capaciteitsbeslag van produkten worden vastgesteld? (Hoofdstuk 10)
- Fase 7: Conclusies en aanbevelingen. (Hoofdstuk 11)

Verantwoording van de opzet.

Nadat eerst in fase 1 algemene oplossingsmethoden weergegeven worden, wordt aan de hand hiervan in de overige fasen 2 tot en met 6 de situatie van NDC-Utrecht bekeken en uitgewerkt.

1.4 Methoden van onderzoek.

Vanwege het overwegend praktische karakter van de problematiek, is het grootste gedeelte van het onderzoek praktisch van aard. Het theoretische gedeelte dient voornamelijk ter ondersteuning van de praktijk ervaringen.

In het kader van het praktijkgedeelte werd informatie veelal verkregen via observatie van de actuele situatie. Tevens werden diverse interviews gehouden met verschillende personeelsleden van NDC-Utrecht alsmede OASIS DSS, de leverancier van het rittenplanningspakket CAR. Daarnaast werden diverse publikaties omtrent CAR en routeplanning in zijn algemeen bestudeerd.

Hoofdstuk 2. Algemene oplossingsmethoden voor het beladingsprobleem.

2.1 Inleiding.

Probleemherkenning.

Het werken met een heterogeen produktenpakket brengt de nodige problemen met zich mee bij de distributie planning; met name een beladingsprobleem bij het creëren van ritten.

Indien de distributie planning ondersteunt wordt middels een geautomatiseerd rittenplanningspakket, is het van belang het beladingsprobleem te ondervangen. Dit omdat anders de haalbaarheid van een rit op basis van de capaciteit van een vrachtwagen niet vastgesteld kan worden. (capaciteitsrestrictie)

Bij het bepalen van het capaciteitsbeslag van een rit, moet rekening worden gehouden met de 'handelbaarheid' van de verschillende produkten, zoals de:

1. stapelbaarheid;
2. kantelbaarheid;
3. combinatie van produkten in een wagen.

De stapelbaarheid en de kantelbaarheid zijn afhankelijk van een combinatie van verschillende factoren, zoals:

1. Stapelbaarheid:
 - a. het soort produkt;
 - b. de verpakking van het produkt;
 - c. het gewicht;
 - d. het volume;
 - e. het (draag-)oppervlak;
 - f. de dimensies van de wagen;
 - g. hulpmiddelen beschikbaar.

Factoren a t/m e hebben betrekking op het produkt zelf (interne factoren) en f en g zijn externe factoren die van belang zijn.

2. Kantelbaarheid:
 - a. het soort produkt;
 - b. het volume;
 - c. het (draag-)oppervlak.

Een rittenplanningspakket houdt bij het bepalen van het capaciteitsbeslag van een rit geen rekening met de stapelbaarheid respectievelijk kantelbaarheid van een produkt. De handmatige distributie planning kan daarentegen hier wel, indirect, rekening mee houden.

Methoden voor probleemoplossing.

Het beladingsprobleem zijn op verschillende manieren op te lossen. De volgende mogelijkheden komen hiervoor in aanmerking:

1. exact;
2. niet exact.

De 'niet' exacte oplossingen zijn verder onder te verdelen in:

- 2a. ladingsequivalenten¹;
- 2b. ladingsequivalenten en 'loading sequence' planning.

2.2 Exact oplossen.

De belading van vrachtwagens (resp. containers etc.) kan exact opgelost worden met behulp van een expert systeem. Op de software markt zijn reeds pakketten te koop die beladingsplanningen ondersteunen.

In het beladingsprogramma wordt niet alleen rekening gehouden met het zo optimaal mogelijk benutten van de ruimte, maar kan ook rekening worden gehouden met een rittenplanning, zodat produkten aan de hand van een te lossen volgorde worden geladen. Doordat de belading efficiënter gebeurt, kan het aantal vrachtwagens op de wegen afnemen en zodoende geld bespaard worden.

Om zo'n programma, dat zich zuiver en alleen bezig houdt met de belading van een wagen, te laten functioneren, zijn de volgende input data nodig:

Per produkt:

- de maten lengte, breedte en hoogte;
- het gewicht;
- de kantelbaarheid en, indien mogelijk, de richting;
- de stapelbaarheid, aangegeven in een matrix.

Per vrachtwagen:

- de dimensies lengte, breedte en hoogte;
- het maximaal toegestane laadvermogen.

Per rit:

- de bestelvolgorde, m.a.w. de volgorde van lossen.

¹ Een gelijkwaardige maat waarin men grootten of hoeveelheden uitdrukt om de beladingsgraad te kunnen bepalen.

De exacte oplossingsmethode is nader onderzocht aan de hand van het pakket MIXLOAD dat de beladingsplanning ondersteunt. Het optimaal werken met MIXLOAD houdt in dat het gekoppeld dient te worden aan zowel DISYS² als CAR. Dit brengt niet alleen technische bezwaren met zich mee, doordat deze systemen op elkaar afgestemd dienen te worden, maar ook praktische bezwaren. De praktische bezwaren hebben vooral betrekking op de (terug-)koppeling van de rittenplanning in CAR naar de beladingsplanning in MIXLOAD. Het is namelijk nog maar de vraag of de geplande ritten haalbaar zijn wat betreft het beladen van de wagen.

Het werken met een beladingsprogramma heeft voor- en nadelen:

Voordelen:

- Een financieel voordeel door de betere benutting van de ruimte in vrachtwagens (containers etc.).
- Een tijdsvoordeel: de beladingstijden van de vrachtwagens worden sterk verkort.
- Vrachtwagens worden optimaal ingezet vanuit het beladingsoogpunt gezien.
- Het werken vanuit de voorhanden zijnde gegevens omtrent rit en belading. Dat wil zeggen dat fysieke ladingen nog niet aanwezig hoeven te zijn (simulatie).
- De beladingsoplossing wordt aan de hand van een figuur grafisch weergegeven.
- Het beladen kan stap voor stap plaatsvinden, zodat de gevolgen direct zichtbaar zijn.

Nadelen:

- Aanschafkosten van het pakket.
- De daadwerkelijke afmetingen van de produkten moeten worden weergegeven.
- Het exacte gewicht moet worden ingevoerd.
- De stapelbaarheidsmatrix van produkten moet zowel nauwkeurig als realistisch opgebouwd zijn. Met realistisch wordt niet bedoeld de theoretische, maar de praktische mogelijkheden van het stapelen van produkten.
- De volgorde van lossen dient vooraf bekend te zijn.

2.3 Niet-exact oplossen.

Bij het niet exact oplossen valt te denken aan ladingsequivalenten al dan niet in samenwerking met een 'load sequence' van plannen.

2.3.1 Ladingsequivalenten.

Het beladingsprobleem wordt opgelost door een equivalente maat te hanteren voor alle produkten. Met andere woorden: druk alle produkten uit in één maat. Dit omdat een rittenplanningspakket het capaciteitsbeslag van te rijden rit rechtlijnig doorberekend aan de hand van één equivalente maat (ladings eenheid). Deze maat is willekeurig invulbaar, zolang hij maar consequent voor alle produkten gehanteerd wordt.

² Districenter Information SYStem, het warehouse management systeem van NDC.

Het werken met ladingsequivalenten kan de problemen met betrekking tot de handelbaarheid van een heterogeen produktenpakket ondervangen. Om het capaciteitsbeslag echter nauwkeuriger te kunnen vaststellen, zullen naast het hanteren van een ladingsequivalente maat naar additionele oplossingen (paragraaf 2.3.2) gezocht moeten worden die dit tewerk stellen.

Mogelijke alternatieven voor equivalente maten zijn:

1. gewicht in kg;
2. volume in m³;
3. eenheden;
4. colli.

Ieder alternatief wordt nu nader bekeken waardoor de voor- en nadelen goed weergegeven worden.

Ad 1. Gewicht:

Het gewicht (in kg) is alleen dan interessant als equivalente maat, als het een knelpunt vormt bij het beladen van een vrachtwagen. Met andere woorden: het maximaal toegestane laadvermogen van een vrachtwagen kan overschreden worden.

Voordeel:

Het gewicht is een van de factoren die van belang zijn wat betreft de stapel mogelijkheden van produkten onderling.

Nadeel:

Om de handelbaarheid van een heterogeen produktenpakket vast te stellen spelen meerdere factoren dan alleen het gewicht een rol.

Ad 2. Volume:

Het volume (in m³) vormt voor het merendeel van de te distribueren produkten het knelpunt bij het beladen van een wagen.

Voordeel:

- Het volume is zowel te gebruiken om een reëel alsmede een fictief³ volume van een produkt weer te geven.
- Het volume geeft een zeer gedetailleerde toekenning van het capaciteitsbeslag per produkt weer.

Nadeel:

Van alle produkten dienen de maten lengte, breedte en hoogte te worden ingevoerd. Dit is niet voor alle produkten realiseerbaar (bijvoorbeeld bij pallets), zodat het volume niet altijd exact bekend is.

³ Een fictief volume van een produkt houdt in dat er een groter danwel een kleiner volume dan het werkelijke wordt toegekend aan het betreffende produkt.

Ad 3. Eenheden:

De maat eenheden geeft net als de maat m³ het volume weer van het desbetreffende produkt. Eenheden worden toegekend op basis van het volume en de handelbaarheid van een produkt.

Voordeel:

De maat eenheden is zowel te gebruiken om een reëel alsmede een fictief volume van een produkt weer te geven.

Nadeel:

- Het is niet zo gedetailleerd respectievelijk nauwkeurig als de volume weergave van produkten uitgedrukt in m³.
- Alle produkten dienen te worden herschreven naar eenheden.
- Er dient een eenheidsmaat gedefinieerd te worden die equivalent is met één eenheid. Het handigste is om hiervoor een (hypothetisch) produkt te nemen, omdat je er makkelijk iets bij voor kunt stellen. Hiervan dienen de maten lengte, breedte en hoogte exact gedefinieerd te worden.

Ad 4. Colli:

Deze maat valt niet te gebruiken bij het bepalen van het capaciteitsbeslag van een rit. Dit omdat voor een heterogeen produktenpakket en dus voor verschillende combinaties van produkten in een rit, niet aangegeven kan worden hoeveel colli er maximaal in een wagen kunnen. Het volume van één stuks colli varieert namelijk per produkt.

2.3.2 Ladingsequivalenten en 'loading sequence' planning.

Een andere mogelijke oplossing voor het niet exact oplossen van het beladingsprobleem, is door naast het werken met ladingsequivalenten rekening te houden met de 'loading sequence' van de planning. Met de 'loading sequence' wordt hier bedoeld de volgorde waarin de orders dienen te worden ingepland. Dit omdat iedere volgorde een andere capaciteitsbenutting van de wagen tot zijn gevolg heeft. Het doel is nu juist de wagen, qua capaciteit, zo efficiënt mogelijk te benutten. Door rekening te houden met een 'loading sequence' wordt tevens de betrouwbaarheid van de ladingsequivalenten verhoogd. Een beter controle over de produkten met zowel reële als fictieve maten is zodoende mogelijk.

De werkwijze om de 'loading sequence' van de planning te bepalen kan het beste als volgt plaats vinden:

- a. Verdeel het heterogene produktenpakket in homogene sub-produktenpakketten.
- b. Bepaal voor ieder homogeen sub-produktenpakket zijn kenmerken met betrekking tot het beladingsprobleem.
- c. Bepaal de gewenste 'loading sequence' van het inplannen van de verschillende sub-produktenpakketten.
- d. Ga na of de gewenste situatie realiseerbaar (uitvoerbaar) is.

Een heterogeen produktenpakket valt vaak in de volgende homogene produktklassen onder te verdelen:

- witgoed;
- bruingoed;
- kartone dozen en kratten;
- geassembleerde produkten, al dan niet op een pallet;
- pallets met kartone dozen.

Omdat bij het samenstellen van ritten een hoge beladingsgraad zeer wenselijk wordt geacht, dient er te worden nagegaan hoe met behulp van de 'loading sequence' dit verwezenlijkt kan worden. De alternatieven die hiervoor in aanmerking komen vallen in twee groepen onder te verdelen:

Groep 1: Eén-Staps planning.

Het heterogene produktenpakket wordt niet gesplitst in homogene sub-produktenpakketten. Met andere woorden: er wordt gewerkt met de gehele orderportefeuille in zijn totaal. De orders onderling kunnen met behulp van prioriteiten toekenning onderscheiden worden. Er kan slechts gewerkt worden met één prioriteitsniveau binnen CAR.

Groep 2: Meerdere-Stappen planning.

Het heterogene produktenpakket wordt opgedeeld in homogene sub-produktenpakketten. De totale orderportefeuille wordt zodoende opgesplitst in subportefeuille's. Nu kan er binnen CAR met meerdere prioriteitsniveau's en prioriteiten tegelijkertijd gewerkt worden.

2.4 Samenvatting en conclusies.

De exacte oplossingsmethode voor het oplossen van het beladingsprobleem is nader onderzocht aan de hand van het pakket MIXLOAD. MIXLOAD is een pakket dat de beladingsplanning ondersteunt.

Tijdens het testen van de werking van MIXLOAD zijn de volgende voor- en nadelen naar voren gekomen, te weten:

Voordeel.

- De belading van een wagen wordt grafisch weergegeven.
- De belading kan stap voor stap uitgevoerd worden, zodat meteen de consequenties voor de lay-out van de fysieke belading van de vrachtwagen zichtbaar zijn.

Nadeel.

- Na de rittenplanning met behulp van een software-pakket, dient er een terugkoppeling gemaakt te worden naar het beladingsprogramma.
- De input-data dienen zo nauwkeurig mogelijk te worden weergegeven om een realistische belading te krijgen.
- De 'stapelbaarheid' matrix dient zowel nauwkeurig alsmede realistisch gedefinieerd te zijn. Zo mag het qua gewicht en of volume best mogelijk zijn om produkt A bovenop produkt B te plaatsen, maar is dit bijvoorbeeld vanuit het oogpunt van de chauffeur praktisch gezien wel realistisch?
- Het stapelen van produkten gebeurde veelal aan de hand van een piramidestructuur.
- Veel open vloerruimte tussen de produkten.
- Hoe gedetailleerder rekening wordt gehouden met de sequentiële laadvolgorde, des te groter is de kans dat er minder produkten in een wagen ingepland kunnen worden.

Bij de test is als algemene conclusie naar voren gekomen dat het pakket het beste toepasbaar is indien er een hoeveelheid lading van punt A naar punt B getransporteerd dient te worden. Er hoeft dan geen rekening te worden gehouden met de volgorde van beladen. De vraag hierbij luidt dan ook: hoeveel wagens (containers) heb ik nodig om, gegeven de hoeveelheid lading, het geheel te transporteren?

De niet-exacte oplossingsmethode van het beladingsprobleem heeft als grootste nadeel dat er nooit een 'optimale' oplossing gevonden kan worden. Daartegenover staat wel als voordeel dat met eenvoudige middelen, zoals bijvoorbeeld het werken met ladingsequivalenten, goede 'werkbare' oplossingen haalbaar zijn. Met 'werkbare' oplossingen wordt bedoeld dat ten aanzien van het beladingsprobleem realistische ritten kunnen worden gecreëerd, al dan niet met een rittenplanningspakket.

3.1 Inleiding.

Ter verkrijging van een goed beeld van de te distribueren produkten bij NDC-Utrecht, kunnen de verladers¹ alsmede hun produktenpakket het beste gerangschikt worden aan de hand van A/B/C-analyses². Het doel is om na te gaan welke verladers alsmede welke produkten het belangrijkste zijn voor de distributie. Dit omdat voor zowel de distributie planning alsmede voor het onderzoek naar het beladingsprobleem, de aandacht vooral gericht moet zijn op de A-categorie verladers respectievelijk produkten.

Voor de distributie en zijn bijbehorende planning beperken we ons tot de orders die met het RV (=Rechtstreeks Vervoer) meegaan. Dit omdat alleen voor het RV ritten worden gepland. Naast de orders bestemd voor het RV, zijn er ook orders die met het 'vrachtgoed' meegaan of opgehaald worden voor het buitenland. Vrachtgoed houdt in dat de distributie alsmede de bijbehorende planning verzorgd wordt door Van Gend & Loos. 'Ophalingen' betreft meestal grote zendingen bestemd voor het buitenland.

3.2 Indeling verladers voor distributie.

Het onderlinge belang van de verschillende verladers voor het RV kan het beste onderzocht worden aan de hand van een A/B/C-analyse (zie bijlage 1).

Het aantal verladers die hiervoor in aanmerking komen zijn in totaal acht stuks. Van deze groep verladers zijn er drie samengevoegd tot de categorie "overige-verladers". De verladers zijn onderzocht aan de hand van de drie opeenvolgende maanden september, oktober en november 1991.

In de eerste stap worden de verladers gerangschikt aan de hand van de kwantitatieve criteria "stuks"-uitslag en "m³"-uitslag. Deze twee criteria worden afzonderlijk onderzocht. De tweede stap bestaat daaruit dat deze twee kwantitatieve criteria gecombineerd worden om zodoende betere conclusies te kunnen trekken.

In de derde stap wordt nagegaan of de gevonden resultaten niet verbeterd kunnen worden ten aanzien van de onderzoeksdoelstelling, door een kwalitatief criterium mee in beschouwing te nemen bij de A/B/C-analyse. (Multiple criteria A/B/C-analysis)

3.2.1 Kwantitatieve criteria.

Stuks-uitslag.

Voor enkele van de te onderzoeken acht verladers geldt dat slechts een deel van hun orders bestemd is voor het RV. Het resterende deel is vrachtgoed resp. ophalingen.

¹ Degene voor wie de logistieke dienstverlening plaatsvindt.

² Een A/B/C-analyse zorgt voor een splitsing van de te onderzoeken objecten, op basis van bepaalde criteria die voortkomen uit de karakteristieken van het onderzoek.

Voor de verladers AEG en Honda is het deel van de orders dat niet met het RV meegaat te verwaarlozen (<1%). Bij verlader Tonka is ± 90 procent RV en bij SKF ± 98 procent RV. Voor verlader Bagsac geldt het volgende: ± 25 procent van alle orders is bestemd voor het vrachtgoed. Van het resterende deel aan orders wordt ± 60 procent opgehaald voor het buitenland. Bij de categorie overige-verladers zijn wederom alle orders bestemd voor het RV.

In bijlage 2 zijn van de verladers alle week-gegevens uitgebreid weergegeven.

De gemiddelde waarden zijn gebruikt om de verladers te rangschikken aan de hand van een A/B/C-analyse (zie bijlage 3). Het gemiddelde is hiervoor genomen om schommelingen en uitschieters per week te kunnen ondervangen. Tevens worden eventuele seizoensinvloeden hierdoor afgezwakt. Dit zal uiteindelijk een minder vertekend beeld weergeven.

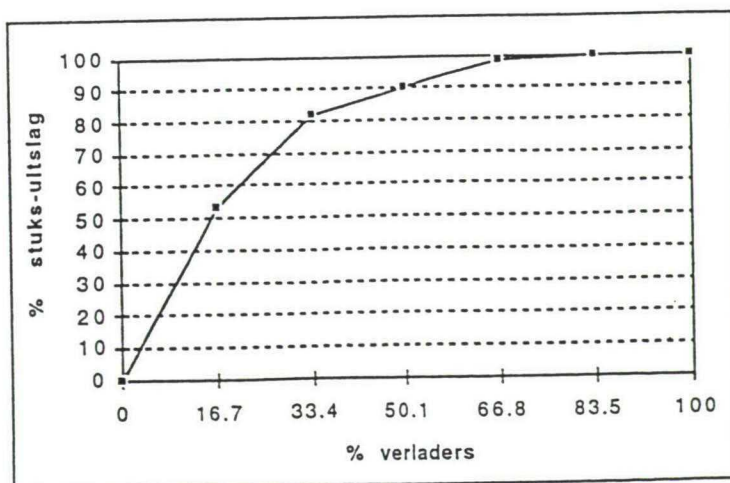
Tabel 3.1 geeft een overzicht van de berekende cumulatieve percentage verladers en het cumulatieve relatieve percentage stuks-uitslag, gebaseerd op respectievelijk het totaal aantal verladers categorieën en het totale aantal stuks-uitslag.

Verlader	Cumulatieve % verladers	Stuks-uitslag	Cumulatieve % stuks-uitslag
Tonka	16,7	30.728	53,3
SKF	33,4	16.418	81,7
AEG	50,1	4.848	90,1
Bagsac	66,8	4.820	98,5
Overige	83,5	621	99,6
Honda	100,0	257	100,0

tabel 3.1 stuks-uitslag 1991.

De volgende A/B/C-indeling met bijbehorende A/B/C-curve (figuur 3.1) is hieruit voortgekomen:

- A1-categorie: Tonka en SKF;
- B1-categorie: AEG en Bagsac;
- C1-categorie: Honda en overige-verladers.



Figuur 3.1 A/B/C-curve.

Omdat de interesse uitgaat naar het capaciteitsbeslag van verladers bij de distributie, geeft dit resultaat een vertekend beeld weer. Dit omdat bijvoorbeeld één stuks tas van Bagsac niet goed te vergelijken valt met één stuks motorfiets van Honda wat betreft volumebeslag.

M3-uitslag.

Om nu een beter beeld te krijgen voor het capaciteitsbeslag, worden de verladers nog eens gerangschikt. Echter ditmaal aan de hand van het criterium m3-uitslag. De categorie overige-verladers valt qua volume te verwaarlozen voor de distributie.

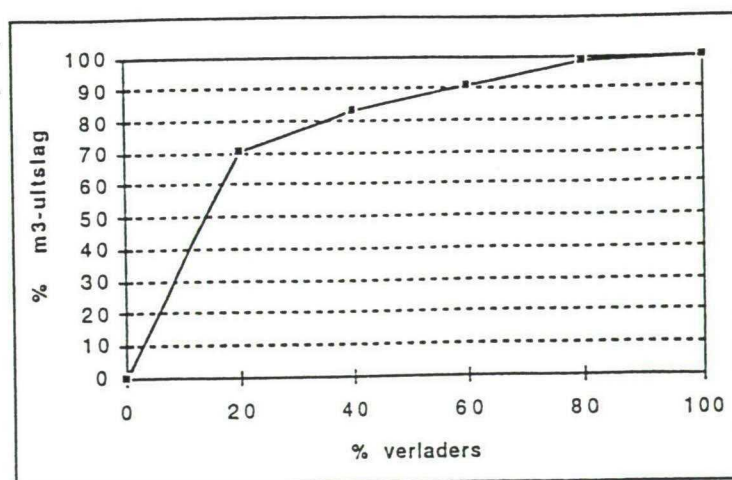
Tabel 3.2 geeft een overzicht van de berekende cumulatieve percentage verladers en het cumulatieve relatieve percentage m3-uitslag, gebaseerd op respectievelijk het totaal aantal verladers categorieën en het totale aantal m3-uitslag. (In bijlage 4 staan alle week gegevens gespecificeerd.)

Verlader	Cumulatieve % verladers	m3-uitslag	Cumulatieve % m3-uitslag
AEG	20	1.486	70,5
SKF	40	268	83,2
Honda	60	163	90,9
Tonka	80	159	98,5
Bagsac	100	32	100,0

tabel 3.2 m3-uitslag 1991.

De A/B/C-analyse (zie bijlage 5) aan de hand van de gemiddelde waarden resulteert in de volgende indeling met bijbehorende A/B/C-curve (figuur 3.2):

- A2-categorie: AEG;
- B2-categorie: Honda, SKF en Tonka;
- C2-categorie: Bagsac.



Figuur 3.2 A/B/C-curve

3.2.2 Combineren kwantitatieve criteria.

Om betere conclusies te kunnen trekken wat betreft de A/B/C-indelingen, is het van belang de twee kwantitatieve criteria met elkaar te combineren in een matrix. Het volume zegt meer over het capaciteitsbeslag dan het aantal stuks. Om deze reden dient dit criterium dan ook zwaarder te wegen bij het vormen van nieuwe A/B/C-categorieën.

Aan de hand van de gevonden matrix (zie bijlage 6), is de volgende indeling tot stand gekomen:

A-categorie: AEG, SKF en Tonka;
B-categorie: Honda;
C-categorie: Bagsac.

3.2.3 Kwalitatief criterium.

Naast kwantitatieve factoren, spelen ook kwalitatieve factoren een belangrijke rol om een zo realistisch mogelijk beeld weer te geven voor het capaciteitsbeslag.

Voor de distributie en met name voor het beladingsprobleem, is de stapelbaarheid van een produkt van belang. Met de inachtneming van de stapelbaarheid als kwalitatief criterium, wordt de A/B/C-indeling van verladers uit paragraaf 3.2.2 herzien. Indien nodig worden de verladers in de al dan niet bestaande categorieën heringedeeld.

Iedere verlader wordt nu afzonderlijk bekeken wat betreft de stapelbaarheid van zijn produktenpakket.

1. AEG: Het produktenpakket bestaat grotendeels uit makkelijk stapelbare produkten. Het gewicht kan een knelpunt vormen voor de stapelbaarheid van een produkt.
2. Honda: Het produkten pakket bestaat grotendeels uit kratten resp. dozen die tamelijk onhandelbaar zijn. Stapelen kan vaak alleen maar als het om hetzelfde soort produkt gaat. De geassembleerde produkten zijn in geen enkel opzicht stapelbaar.
3. Tonka: Voor de distributie zijn de produkten meestal op een pallet verpakt (per order). Losse dozen zijn makkelijk stapelbaar vanwege hun lage gewicht.
4. Bagsac: zie 3.
5. SKF: zie 3.

Rekening houdend met de stapelbaarheid, kan de volgende conclusie getrokken worden: AEG blijft een A-verlader omdat deze het grootste deel van het capaciteitsbeslag van de distributie voor zijn rekening neemt. Honda wordt opgewaardeerd van B-verlader naar A-verlader. SKF en Tonka worden hergewaardeerd tot B-verladers. Bij deze twee verladers dient een kleine kanttekening gemaakt te worden. De m³-uitslag van de desbetreffende maanden zijn onderhevig aan een seizoensinvloed. De m³-uitslag ligt op jaarbasis gezien boven het gemiddelde. Zodoende geven ze een vertekend beeld weer. Bagsac blijft een C-verlader.

De volgende nieuwe indeling is hierbij naar voren gekomen:

AA-categorie: AEG en Honda;
BB-categorie: SKF en Tonka;
CC-categorie: Bagsac.

3.3 Rangschikken produkten A-verladers.

Het produktenpakket van de A-verladers AEG en Honda worden nu nader onderzocht. Voor de B-verladers was dit misschien ook interessant geweest, ware het niet dat het zo goed als niet mogelijk is hun produktenpakket in produktgroepen in te delen.

Het Districenter heeft reeds voor de verladers AEG en Honda onderscheid gemaakt tussen de verschillende soorten produkten binnen hun produktenpakket. Deze tariefgroepen zijn dan ook als uitgangspunt genomen om produktgroepen te creëren ten behoeve van de distributie. Bij het vormen van de produktgroepen wordt rekening gehouden met de volgende twee criteria:

1. het soort produkt;
2. het volume van het produkt.

Het gewicht is niet in beschouwing genomen omdat dit nooit een knelpunt vormt bij de distributie.

Ter verkrijging van een globaal beeld van het belang van een produktgroep binnen het totale produktenpakket, zijn de groepen per week over de maanden september tot en met november 1991 onderzocht. Dit is gedaan aan de hand van het kwantitatieve criterium "stuks"-uitslag. Het gemiddelde stuks-uitslag over deze maanden wordt gehanteerd om de produktgroepen te rangschikken aan de hand van een A/B/C-analyse.

Op jaarbasis gezien zijn deze maanden voor AEG een goede weergave van het gemiddelde stuks-uitslag per maand. Honda is onderhevig aan een sterk seizoensinvloed gedurende de maanden februari tot en met april. Toch geven de onderzochten maanden nauwelijks een vertekend beeld weer wat betreft de belangrijkheid van een produktgroep. Dit omdat de kwantiteiten alleen een factor groter zijn gedurende deze seizoensmaanden.

3.3.1 Verlader AEG.

Het produktenpakket van verlader AEG is opgedeeld in acht produktgroepen. Voor een overzicht van de produktgroepen alsmede de betreffende week gegevens, wordt verwezen naar bijlage 7.

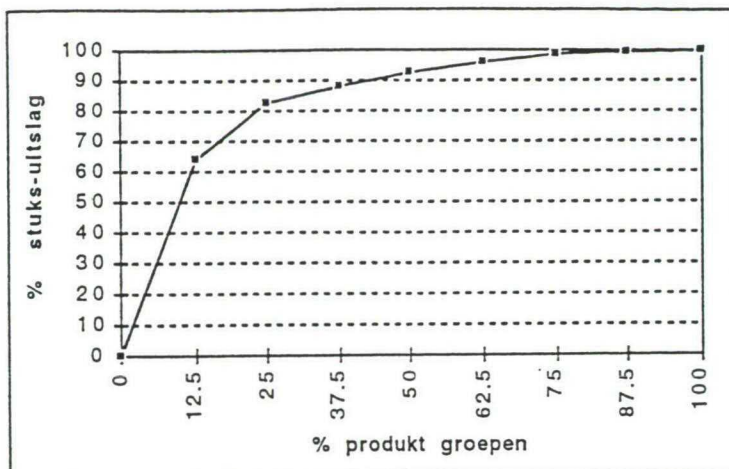
Tabel 3.3 geeft een overzicht van de berekende cumulatieve percentage produktgroepen en het cumulatieve relatieve percentage stuks-uitslag, gebaseerd op respectievelijk het totaal aantal produktgroepen en het totale aantal (gemiddelde) stuks-uitslag.

Produktgroep	Cumulatieve % produktgroepen	Stuks-uitslag	Cumulatieve % stuks-uitslag
1	12,5	3.088,5	64,0
4	25,0	892,0	82,5
8	37,5	256,0	87,8
3	50,0	231,0	92,6
2	62,5	147,0	95,7
5	75,0	122,0	98,2
6	87,5	55,0	99,3
7	100,0	32,0	100,0

tabel 3.3 stuks-uitslag 1991.

Bij de A/B/C-analyse (zie bijlage 8) is de volgende indeling en A/B/C-curve (figuur 3.3) van de produktgroepen naar voren gekomen:

- A-categorie: 1;
- B-categorie: 3, 4 en 8;
- C-categorie: 2, 5, 6 en 7.



Figuur 3.3 A/B/C-Curve

3.3.2 Verlader Honda.

Het produktenpakket van verlader Honda is opgedeeld in dertien produktgroepen. Voor een overzicht van de produktgroepen alsmede de betreffende week gegevens, wordt verwezen naar bijlage 9.

Tabel 3.4 geeft een overzicht van de berekende cumulatieve percentage produktgroepen en het cumulatieve relatieve percentage stuks-uitslag, gebaseerd op respectievelijk het totaal aantal produktgroepen en het totale aantal (gemiddelde) stuks-uitslag.

Produktgroep	Cumulatieve % produktgroepen	Stuks-uitslag	Cumulatieve % stuks-uitslag
7	7,7	70,0	29,0
1	15,4	61,0	54,3
8	23,1	50,0	75,0
2	30,8	31,0	87,8
3	38,5	15,0	94,0
5	46,2	4,3	95,8
9	53,9	4,0	97,5
4	61,6	2,0	98,3
13	69,3	1,5	98,9
6	77,0	0,7	99,2
11	84,7	0,7	99,5
12	92,4	0,7	99,8
10	100,0	0,5	100,0

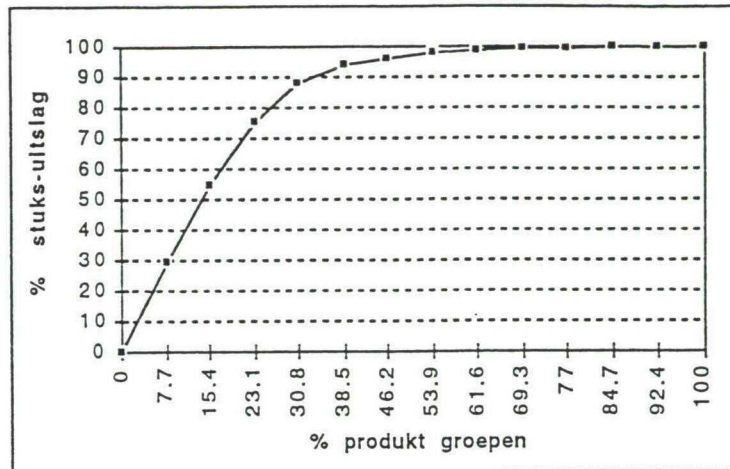
tabel 3.4 stuks-uitslag 1991.

De A/B/C-analyse (zie bijlage 10) toegepast op deze produktgroepen resulteert in de volgende indeling met bijbehorende A/B/C-curve (figuur 3.4):

A-categorie: 1, 7 en 8;

B-categorie: 2 en 3;

C-categorie: 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12 en 13.



Figuur 3.4 A/B/C-curve

3.4 Samenvatting en conclusies.

De goederenanalyse is beperkt gebleven tot een globaal onderzoek, aan de hand van A/B/C-analyses, dat zuiver en alleen gericht is op het belang van de onderlinge verladers voor de distributie planning. Bij dit onderzoek is naar voren gekomen dat verladers AEG en Honda het grootste deel van de te distribueren goederen voor hun rekening nemen. Van deze beide verladers is het produktenpakket verder onderzocht voor het belang van de onderlinge produkten, wat betreft het capaciteitsbeslag, voor de distributie.

Geconcludeerd kan worden dat AEG en Honda de belangrijkste verladers zijn voor het Districenter Utrecht. Daarbij moet gezegd worden dat, kijkend naar het rechtstreeks vervoer, verlader AEG het overgrote deel van de te distribueren produkten voor zijn rekening neemt. De produkten die daarbij veruit het grootste beslag leggen op de capaciteit van een vrachtwagen en dus een rit, zijn produkten met een volume tussen 0.35 en 0.50 m³ (produktgroep 1 van AEG).

Hoofdstuk 4. Analyse huidige werkwijze planning.

4.1 Inleiding.

Dit hoofdstuk is opgebouwd uit de volgende twee delen:

Het eerste gedeelte geeft een weerspiegeling van de huidige situatie met de bijbehorende informatie, die relevant is voor de distributie planning. Deze gegevens vormen de basis voor de dagelijkse planning. (paragrafen 4.2 en 4.3)

Het tweede gedeelte beschrijft het distributie planningsproces. Dit proces vindt plaats in twee fasen. In de eerste fase construeert de planner de te rijden ritten door handmatig orders samen te voegen. In de tweede fase plannen de chauffeurs de te rijden volgorde van hun rit. De doelstellingen, restricties en de daarmee samenhangende beslissingen, worden in paragrafen 4.4 en 4.5 nader bekeken.

4.2 Beschrijving huidige situatie.

De uitgangssituatie waarop het gehele distributie planningsproces gebaseerd is, komt voort uit de overeengekomen afspraken gemaakt door het Districenter enerzijds en de verladers en de vervoerders¹ anderzijds.

4.2.1 Geldende afspraken met verladers.

NDC-Utrecht heeft met iedere verlader verschillend geldende afspraken wat betreft inslag, opslag, uitslag en al de bijbehorende administratieve handelingen. Voor dit onderzoek zijn echter alleen de afspraken betreffende de distributie relevant.

De afspraken hebben betrekking op enkele distributie voorwaarden betreffende:

- a. de distributie service;
- b. de wijze van transport voor de verschillende soorten produkten.

Ad a. Distributie service.

Het Districenter kan zijn verladers als volgt scheiden op basis van de distributie service:

24-uurs distributie service:	- verlader AEG.
route-schema's (zie bijlage 11):	- alle overige verladers.

Met alle verladers is tevens de afspraak gemaakt dat het Districenter wel kan zeggen op welke dag de order wordt afgeleverd, maar niet op welk tijdstip. Er wordt dan ook geen rekening gehouden met tijdvensters².

¹ Degene die het transport van de goederen voor zijn rekening neemt.

² Dit zijn de uren waarop een adres door een voertuig bezocht kan worden.

Ad b. Wijze van transport.

Voor het transport van produkten worden de algemeen geldende richtlijnen binnen de vervoerswereld gehanteerd. Dit houdt in dat de produkten getransporteerd dienen te worden zoals de verpakking dat aangeeft en de chauffeur voldoende produktkennis in huis heeft. Voor NDC-Utrecht betekent dit dat alle produkten rechtop dienen te worden vervoerd.

4.2.2 Geldende afspraken met vervoerders.

NDC-Utrecht heeft de beschikking over 13, vast in dienstverband zijnde, gecharterde vrachtwagens met chauffeurs. Dit aantal wagens is in de loop van de tijd meegegroeid met het aanbod en de wensen van de verladers ten aanzien van de distributie service. Alle 13 wagens dienen te zijn uitgerust met de kleuren en het logo van Nedlloyd Districenters.

De vervoerders worden door het Districenter betaald naar het aantal verreden kilometers, met een minimum garantie van 300 km per dag en 1500 km per week voor alle wagens. Het aantal verreden kilometers van een rit houdt in: van Utrecht (depot) tot Utrecht (depot). De vervoerders worden door het Districenter niet betaald naar het aantal uren dat de chauffeurs werken. De chauffeurs daarentegen worden wel uitbetaald aan de hand van de gewerkte uren door hun eigen werkgever (vervoerder).

4.3 Informatie analyse.

Naast de hierboven genoemde basisgegevens, is voor de planning tevens informatie van belang die specifiek gericht is op het uitvoerende gedeelte van het planningsproces. Deze benodigde informatie voor zowel de planner als de chauffeur wordt nu nader geanalyseerd.

4.3.1 Planner.

Als basis voor de dagelijkse distributie planning is Nederland opgedeeld in regio's (routes), met min of meer vaste grenzen. Deze indeling in regio's is gedaan aan de hand van 4-cijferige postcode gebieden.

Deze regio's zijn terug te vinden op de planlijst (planning review) aan de hand waarvan de planner zijn ritten pland. Op deze planlijst staan alle orders die zich op dat moment in de orderportefeuille bevinden, gerangschikt naar hun desbetreffende regio.

Niet alle gegevens, die vermeld staan op de planlijst, worden gebruikt door de planner. De volgende scheiding van de gegevens kan worden gemaakt:

Benodigde gegevens:

1. postcode nummers;
2. artikel;
3. aantal stuks;
4. extra informatie bij order;
Bijvoorbeeld: - tijdvenster,
- rembours bedrag,
- bellen voor leveren.
5. woonplaats afnemer.

Af en toe benodigde gegevens.

1. volume (m3);
Dit is nodig indien de planner geen beeld kan vormen van het capaciteitsbeslag van een bepaald produkt.
2. voorkeursdatum;
Deze is vooral van belang als er van een verlader, met als distributie service de route-schema's, veel orders zijn die niet alle op die dag ingepland kunnen worden. De orders met een eerdere voorkeursdatum genieten dan duidelijk de voorkeur boven de orders met een latere voorkeursdatum.

Overbodige gegevens:

1. regio nummer;
2. nummer verlader;
3. order nummer;
4. gewicht (kg);
5. naam afnemer.

Daarnaast heeft de planner zo nu en dan ook nog extra informatie nodig die niet op de planlijst vermeld staat. Deze extra informatie betreft meestal het niet exact kunnen inschatten van de volume-inbeslagname van een order en is zodoende afkomstig vanuit de loods.

Tenslotte heeft de planner een kaart van Nederland als hulpmiddel ter beschikking bij het plannen van de ritten.

4.3.2 Chauffeur.

De bestellijst met de bijbehorende vrachtbrieven bevatten alle informatie die relevant zijn voor de chauffeur.

Bestellijst.

Op deze lijst staan de volgende belangrijke gegevens vermeld:

- het adres;
- het totaal aantal afleveradressen;
- het totaal aantal zendingen;
- het totaal aantal colli;
- alle orders uitgesplitst ter controle bij aflevering.

Vrachtbrieven.

Aan de hand van de adressen op de vrachtbrieven en zijn persoonlijke kennis betreffende het adres resp. de plaats, steekt de chauffeur zijn ritvolgorde. Als hulpmiddel gebruikt hij hierbij een kaart van Nederland.

Op de vrachtbrieven, bestemd voor de afnemer, staat extra informatie vermeld betreffende:

- adres;
- bestelling of ophaling;
- aantal stuks en soort artikel;
- (indien bekend) tijdsvensters;
- (eventueel) rembours bedrag.

4.4 Huidige werkwijze planner.

De planner hoeft geen rekening te houden met het maximaal toegestane laadvermogen (gewicht) per vrachtwagen. Dit vormt namelijk nooit een knelpunt bij het samenstellen van ritten voor het Districenter Utrecht.

4.4.1 Doelstellingen en restricties planner.

Eén basisdoelstelling ligt ten grondslag aan alle overige doelstellingen die de planner hanteert tijdens de rittenplanning:

- voldoen aan de leveringsprioriteiten van de orders.

De leveringsprioriteiten van orders zijn gebaseerd op één van de overeengekomen distributie voorwaarden van het Districenter met zijn verladers.

Voor het Districenter gelden de volgende distributie voorwaarden met betrekking tot de leveringsprioriteit van orders:

- 24-uurs distributie service;
- route schema's;
- speciaal verzoek verlader resp. afnemer.

Deze kwalitatieve doelstelling bepaalt mede de kwaliteit van de planning en is zodoende tevens een restrictie, waar de planner rekening mee dient te houden bij het hanteren van de overige doelstellingen.

De drie hoofddoelstellingen die de planner nastreeft te verwezenlijken zijn alle gerelateerd aan de distributie kosten. Deze drie hoofddoelstellingen zijn hieronder gerangschikt naar belangrijkheid:

1. Een zo hoog mogelijke beladingsgraad per wagen resp. rit proberen te realiseren. Dat wil zeggen: minimaliseer het aantal in te zetten wagens.
2. Het aantal te rijden kilometers per rit zo laag mogelijk houden.
3. Alle vast in dienstverband gecharterde wagens zo optimaal mogelijk inplannen.

4.4.2 Beslisregels gehanteerd door planner.

Om de doelstellingen zo goed mogelijk te bereiken, worden verschillende (ervarings-)regels gehanteerd door de planner. Deze regels worden nu per doelstelling gerangschikt naar hun prioriteit.

Leveringsprioriteiten orders.

- a. Bij het samenstellen van een rit worden als eerste de orders van verlader AEG ingepland. Dit vanwege de contractuele 24-uurs distributie service overeenkomst met AEG. Hierna worden de resterende orders van verlader Honda en de overige verladers ingepland.
- b. Indien er bij een order vermeld staat: 'Beslist leveren' of 'Bezorgen op de ...', wordt dit, ongeacht voor welke verlader, uitgevoerd.
- c. Zendingen bestemd voor winkels hebben voorrang ten opzichte van zendingen bestemd voor particulieren. De strikte 24-uurs distributie service van AEG geldt alleen voor winkels. Orders voor particulieren dienen binnen één week afgeleverd te worden.
- d. Indien het aantal orders in de orderportefeuille te groot is om alle efficiënt te distribueren, moet de planner onderscheid maken tussen welke orders wel en welke orders niet worden ingepland voor die dag. Hiervoor worden de volgende vuistregels gehanteerd: Orders van verlader AEG hebben ten alle tijden voorrang. En een order met een groot aantal dezelfde producten wordt vaak, in overleg met de klant, opgedeeld over meerdere dagen.

Beladingsgraad wagen.

Om een zo hoog mogelijke beladingsgraad per rit te verwezenlijken, hanteert de planner de volgende regels:

- a. De planner onderkend het probleem met betrekking tot de handelbaarheid van een heterogeen produktenpakket. Om beladingsproblemen te voorkomen, wordt gewerkt met de ladings equivalente maat 'eenheden'. Deze maat stelt de planner in staat een produkt uit te drukken in zowel een fictief als een reëel capaciteitsbeslag, afhankelijk van de handelbaarheid van het betreffende produkt. Zodoende kan aan de hand van deze maat de beladingsgraad van een rit rechtlijnig doorberekend worden.
Alle produkten worden nu eerst omgerekend tot deze equivalente eenheidsmaat 'eenheid'. Voor het begrip 'eenheid' valt, qua volume, te denken aan de produkten uit produktgroep 1 van verlader AEG. Met name aan een wasmachine. Een rit wordt nu samengesteld door het aantal eenheden te tellen. Hierdoor wordt tevens de beladingsgraad vastgesteld. Er gaan grofweg 60 tot 66 eenheden (veiligheidsmarge ingecalculerd) in een wagen. Voorbeelden van het omrekenen naar eenheden, zie bijlage 12.
- b. De planning houdt geen rekening met tijdvensters. Bij orders met de vermelding: 'Maandag ochtend gesloten', maakt de planning een inschatting van hoe de rit zal lopen. Afhankelijk hiervan worden deze orders al dan niet ingepland.
- c. Ophalingen worden minder belangrijk geacht dan bestellingen. De planner kent dan ook geen eenheden toe aan ophalingen. Bij ophalingen wordt er tevens geen onderscheid gemaakt tussen de onderlinge orders van verladers.
Ophalingen worden als volgt in een rit ingepland:
 1. Komt de chauffeur in de buurt respectievelijk desbetreffende plaats?
 2. Hoe 'oud' is de ophaling?
 3. Hoeveel adressen zitten er reeds in de rit?

Kilometers per rit.

Tijdens het inplannen van de orders wordt er gelet op het aantal adressen in een rit. Als richtlijn wordt hier gemiddeld een 20-tal voor genomen.

Het aantal afleveradressen dat door een wagen op één dag bediend kan worden is een functie opgebouwd uit een tijds- en afstandsfactor. Deze worden beïnvloed door een aantal specifieke en algemene factoren:

1. Het wel of niet voorladen van een wagen: bij het komen voorladen van een rit zal in het algemeen meer adressen bediend kunnen worden.
2. De gemiddelde afstand tussen de adressen: een rit met een lage gemiddelde afstand tussen de adressen onderling omvat meer adressen.
3. De gemiddelde afstand van de adressen tot het Districenter: wanneer deze hoog is zal in het algemeen een flink eind gereden moeten worden voordat begonnen kan worden met afleveren. Het mogelijk aantal te bedienen adressen is hierdoor lager.
4. De werktijd (inclusief overuren) van de chauffeur: hoe meer tijd, hoe meer adressen.
5. De lostijd per adres: hoe hoger de lostijd, hoe minder adressen.
6. De gemiddelde snelheid en daarmee samenhangend de verkeersdrukke: hoe lager de gemiddelde snelheid (hoe drukker het verkeer) hoe minder adressen.
7. De bekwaamheid van de chauffeur en het wel of niet bekend zijn met een adres.
8. Het volume-beslag per adres: hoe hoger het volume-beslag per adres, hoe minder adressen.

De planner houdt met deze factoren niet expliciet rekening, maar beperkt zich in het algemeen tot het tellen van het aantal adressen en zijn persoonlijke ervaring betreffende de chauffeurs.

In verband met de minimale kilometer garantie van de chauffeurs probeert de planner de ritten zodanig samen te stellen dat er minder dan 300 kilometer per rit gereden wordt. Ritten met een lengte rond de 300 kilometer zijn vanuit het kostenooipunt gezien optimaal.

Gecharterde wagens.

De grootte van de orderportefeuille is bepalend voor het aantal wagens dat er op een dag ingezet worden. De planning probeert de 13 wagens in vast dienstverband iedere dag zo optimaal mogelijk in te plannen, om zo min mogelijk extra benodigde wagens in te moeten huren.

Bij het optimaal inplannen van de eigen 13 wagens wordt zowel rekening gehouden met:

1. de belangen van het Districenter;
2. en, indien niet tegenstrijdig met 1, de persoonlijke belangen van de chauffeurs.
Bijvoorbeeld: - voorkeur bepaalde regio,
- tandarts bezoek.

4.4.3 Volgorde van ritten plannen.

De ritten worden door de planner sequentieel gepland. Zo is Nederland onderverdeeld in delen waar de ritten achtereenvolgens voor worden gepland:

1. Noorden (sequentieel Friesland en Groningen);
2. Limburg;
3. Zeeland;
4. Twente;
5. Harderwijk - Zwolle;
6. Arnhem - Lichtervoorst;
7. Brabant;
8. Dordrecht - Rotterdam;
9. Amsterdam;
10. Noord Holland - Leiden.

Deze volgorde wordt aangehouden omdat een aantal wagens komen voorladen voor de ritten 1 tot en met 4. Dit vanwege het groot aantal aanrij kilometers tot het eerste afleveradres van deze ritten en het gegeven dat het dock te klein is om alle wagens tegelijkertijd te laten laden.

Soorten ritten.

De planning onderscheidt de volgende twee soorten ritten:

- 1e. RV: 'Rechtstreeks Vervoer' dat voor de rekening van de wagens van het Districenter zelf genomen wordt.
- 2e. LRV: 'Landelijk Rechtstreeks Vervoer' zijn ritten die de planning besluit uit te besteden.

LRV zijn ritten met de volgende drie kenmerken:

- a. maximaal twee adressen;
- b. zending heeft tenminste een capaciteitsbeslag van ± 30 eenheden;
- c. het adres ligt (liefst) ver weg van het depot.

De planning maakt onderscheidt tussen deze twee soorten ritten om de kosten te drukken. Vanwege de minimum garantie van 300 km per dag is het niet voordelig een grote lading voor één adres door een eigen wagen te laten vervoeren. Tenzij de planner een eigen wagen vrij kan plannen voor die dag.

De planning met betrekking tot RV en LRV ritten gaat als volgt te werk:

- 1e: Ritten voor eigen wagens plannen (RV), maar wel alvast aangeven welke zendingen eventueel in aanmerking komen voor het LRV.
- 2e: Indien eigen wagens vrij, deze inzetten voor de LRV-zendingen.
Indien geen eigen wagens vrij, LRV-zendingen uitbesteden.

4.5 Huidige werkwijze chauffeurs.

4.5.1 Doelstellingen en restricties chauffeur.

De doelstellingen die de chauffeur nastreeft te verwezenlijken hebben betrekking op de te rijden rit en het beladen van de wagen:

1. Minimaliseren van de ritduur; met andere woorden: minimalisatie van een functie die opgebouwd is uit een afstands- en een tijdsfactor.
2. De wagen zo optimaal mogelijk beladen, gegeven de volgorde van lossen.

Bij doelstelling 1 is de afstandsfactor van belang voor de overeengekomen afspraken tussen het Districenter (werkgever) en de vervoerder (werknemer), terwijl de tijdsfactor van belang is voor de afspraken tussen de chauffeur (werknemer) en de vervoerder (werkgever).

Doelstelling 1 heeft direct waarneembare gevolgen voor doelstelling 2 en is zodoende voor het beladen van de wagen tevens een restrictie.

4.5.2 Beslisregels gehanteerd door chauffeurs.

De rijvolgorde.

De chauffeur steekt zijn rit aan de hand van de vrachtbrieven. Hierbij wordt zowel gelet op de afstanden tussen de onderlinge adressen alsmede de tijd. De tijdsfactor is gevoelsmatig en uit ervaring opgebouwd uit de volgende componenten:

- a. rijtijd;
- b. laad- en lostijd;
- c. wachttijd.

Indirect houdt de chauffeur dus rekening met tijdvensters. Er wordt echter niet gelet op eventuele beladingsproblemen die een gekozen rijvolgorde te weeg kan brengen.

Beladen wagen.

Het beladen van een wagen wordt door de chauffeur zelf gedaan. Hoe dit in zijn werk gaat wordt aan de hand van de hieronder vermelde stappen nader toegelicht.

- a. De volgorde van lossen (rijvolgorde) bepaald de volgorde waarin een wagen wordt beladen: de lading voor het eerste adres wordt als laatste in de wagen geplaatst omdat deze als eerste gelost wordt. En vice versa.
- b. De zwaarste produkten worden onderaan geplaatst en de lichtere, indien toegestaan, bovenop gezet. De verschillende soorten produkten zijn onderling niet willekeurig stapelbaar.
- c. Alle produkten dienen rechtop in de wagen geplaatst te worden, met uitzondering van wat kleingoed. Dat wil zeggen dat de produkten niet willekeurig kantelbaar zijn.

4.6 Samenvatting en conclusies.

De huidige distributie planning geschiedt handmatig en komt voor de rekening van zowel de planner als de chauffeurs.

Bij het construeren van toelaatbare ritten wordt rekening gehouden met de na te streven doelstellingen en zijn bijbehorende restricties. Om deze doelstellingen zo goed mogelijk te verwezenlijken worden er verschillende beslisregels gehanteerd. Deze beslisregels zijn gebaseerd op de voor de planning van essentieel belang zijnde gegevens:

Vaste gegevens.

De vaste gegevens betreffen overeengekomen afspraken van het Districenter met zijn verladers alsmede vervoerders. Gedurende de tijd zijn deze gegevens niet onderhevig aan veranderingen, tenzij er andere afspraken gemaakt worden.

De volgende gegevens zijn relevant voor de planning:

- a. distributie service:
 - 24-uurs;
 - route-schema's.
- b. minimale kilometer garantie chauffeurs:
 - 300 km per dag;
 - 1500 km per week.
- c. beschikbare capaciteit van het wagenpark:
 - het aantal wagens beschikbaar: 13 stuks;
 - het volume dat vervoerd kan worden.

De 24-uurs distributie service weegt aanzienlijk zwaarder dan de distributie service aan de hand van route-schema's. Met als gevolg dat door te werken met een 24-uurs distributie regeling voor sommigen verladers, de route-schema's voor een groot deel komen te vervallen. Dit omdat er vanwege deze 24-uurs overeenkomst iedere dag naar elk deel van Nederland gereden moet worden.

Variërende gegevens.

De variërende gegevens hebben alle betrekking op de te distribueren orders en hun onderliggende produkten. Deze ordergegevens staan alle vermeld op de planlijst of zijn, indien nodig, afkomstig uit de loods.

Beladingsprobleem.

Ten aanzien van het beladingsprobleem kan de volgende conclusie getrokken worden:

Vanuit het beladingsoogpunt gezien is de ladings equivalente maat 'eenheden', die de planner hanteert ter bepaling van het capaciteitsbeslag van een rit, een goede manier van werken om het beladingsprobleem te ondervangen. De maat 'eenheden', stelt de planner in staat om de beladingsgraad van een wagen (rit) rechtlijnig te berekenen.

Om een produkt uit te drukken in 'eenheden', zijn de volgende gegevens sequentieel van belang voor de planner:

- 1e. artikel;
- 2e. volume artikel in m³;
- 3e. informatie uit loods betreffende het artikel respectievelijk order.

Indien het 1e gegeven de planner niet voldoende informatie geeft betreffende het capaciteitsbeslag van het artikel, wordt het 2e gegeven geraadpleegd. Als laatste redmiddel staat de planner altijd nog het 3e gegeven ter beschikking.

Werkwijze planning.

Gegeven het aantal eenheden voor een artikel, verloopt de planning sequentieel aan de hand van de volgende stappen:

- 1e: Orders in rit inplannen en het aantal eenheden ervan bij elkaar optellen om de beladingsgraad vast te kunnen stellen.
- 2e: Tel het aantal adressen dat correspondeert met de reeds ingeplande orders in de desbetreffende rit.
- 3e: Indien geen van beide een knelpunt vormt, ga terug naar stap 1, althans als er nog orders voor handen zijn.
- 4e: Zodra tenminste één van beide een knelpunt gaat vormen, stop met orders toevoegen. De rit is compleet.

Hoofdstuk 5.

Systeemanalyse.

5.1 Inleiding: Het Rittenplanningsproces.

Wat is rittenplanning?

Onder rittenplanning wordt hier verstaan het inplannen van een aantal te vervoeren vrachten over een aantal vrachtwagens. Het heeft als doelstelling het optimaliseren van één of meerdere van de, hierop betrekking hebbende, volgende logistieke en financiële parameters:

- Logistieke parameters: - af te leggen afstand;
 - de rijtijd.
- Financiële parameter: - transportkosten. (direct en indirect)

Deze drie parameters hangen zo nauw met elkaar samen dat een verandering van de ene factor bijna direct een verandering van één van de andere veroorzaakt.

Het transshipmentprobleem.

Het transshipmentprobleem is een gecompliceerdere variant van het transportprobleem. Naast besteladressen worden nu ook afhaaladressen onderscheiden. De bedoeling is om de meest gunstige route langs een aantal adressen te bepalen. De nadruk kan hierbij op een aantal verschillende logistieke variabelen liggen. De keuze voor het belang van een van de logistieke en financiële parameters is afhankelijk van de doelstellingen van de onderneming.

Omdat de kosten altijd een directe relatie hebben met de tijd en het aantal kilometers, kan dit een reden zijn om deze de hoogste prioriteit te geven bij een te plannen route.

Rittenplanningssoftware.

Deze software wordt gebruikt voor het aansturen van operationele taken die met rittenplanning te maken hebben. De software beschikt over een aantal rekenregels en zal op basis van de orderportefeuille een aantal zendingen toewijzen aan een vrachtwagenpark.

Het inschakelen van zo'n softwarepakket zal echter niet betekenen dat de planner overbodig zal worden. De computer zal altijd gecontroleerd en gecorrigeerd moeten worden om een optimale planning te maken. Dit omdat er gewerkt wordt met een heuristiek in plaats van een algoritme.

Het software programma moet de planner behulpzaam zijn bij een efficiënter, en dus rendabeler gebruik van de beschikbare capaciteit. Door voor een probleem op een bepaalde dag verschillende oplossingen en de daarbij horende totale kosten aan te laten geven, kan een planner een goede afweging maken tussen bijvoorbeeld een extra wagen inzetten of meer kilometers per rit rijden.

Een vereiste is dat het pakket gebruikersvriendelijk is. De gebruiker wordt als het ware uitgenodigd om met het pakket te werken. In verband met de tijdsdruk waaronder de planner een aantal beslissingen moet nemen, bijvoorbeeld een extra wagen inhuren voor de volgende dag, moet het pakket ook snel met een oplossing komen.

CAR (=Computer Aided Routing) is zo'n rittenplanningspakket dat de planning van de fysieke distributie in al deze opzichten ondersteunt.

5.2 CAR: Computer Aided Routing.

In deze paragraaf wordt uitgelegd hoe het rittenplanningspakket CAR werkt, en dus tot zijn oplossingen komt.

Voor de distributie planning moeten een viertal 'rittenplannings' stappen doorlopen worden, te weten:

1. Inlezen van de te plannen vrachten.
2. Rangschikken van de gegevens in een tabel (matrix).
3. Optimalisatie (heuristiek).
4. Uitvoer van de gegevens.

ad 1. De te plannen gegevens zullen in een module ingelezen moeten worden.

ad 2. Bij het rangschikken van de gegevens in een tabel ofwel een matrix, moet gedacht worden aan een tweedimensionale tabel waarin de afstanden en rijtijden tussen alle bestel- en of afhaaladressen geprojecteerd worden.

ad 3. Nu de tabel met de afstanden gemaakt is zal de heuristiek, een wiskundige functie die de optimale oplossing benaderd, in werking gesteld worden. De heuristiek rekent uit in welke volgorde de bestel- en of afhaaladressen het beste (niet optimaal) bezocht kunnen worden. De afstandgegevens worden gehaald uit een database van het Nederlandse wegennetwerk.

ad 4. De uitvoer van de gegevens is een onderdeel dat een aantal documenten en een rittenplanning zowel grafisch op het beeldscherm als op papier weergeeft.

CAR is een zelfstandig programma. Voor de in- en uitvoer van gegevens is het afhankelijk van een ander programma, dat er als een soort schil omheen ligt. De invoer bestaat uit gegevens die betrekking hebben op aard en omvang van de zendingen, op de bestel- en afhaaladressen en op de te gebruiken wagens. De uitvoer bestaat uit ritgegevens.

De aard van de invoergegevens wordt bepaald door het invoerprogramma. CAR kan onder andere rekening houden met de volgende informatie:

- per adres: openingstijden (tijdvensters), vaste stoptijd (laad- of lostijd) en voertuigrestricties (bereikbaarheid, laadklep).
- per zending: omvang, prioriteit, los- of laadtijd.
- per voertuig: capaciteit, beschikbaarheid, eigenschappen (wisselbak, trekrichting etc.).
- wegen-typen: CAR kent 4 wegen-typen onderscheiden, waarvoor verschillende snelheden kunnen worden ingegeven. Bovendien kan men aangeven of men een bepaalde wegen wil vermijden. Bijvoorbeeld tunnels of ponten.

De uitvoergegevens bestaan uit ritgegevens. Per rit geeft het programma informatie over het voertuig, de totale lading, beladingsgraad, totale afstand, totale rijtijd, aantal en soort adressen (bestel- of afhaaladres).

In CAR zijn twee onderdelen die onafhankelijk van elkaar zeer goed in elkaar moeten steken wil het pakket een realistisch beeld schetsen. Het gaat hier om de volgende twee zaken:

- het wegennetwerk (zie paragraaf 5.2.1);
- de heuristiek (zie paragraaf 5.2.2).

5.2.1 Het wegennetwerk.

Het wegennetwerk waaruit de informatie van de afstanden en rijtijden (savings) matrix wordt gehaald, bepaald de betrouwbaarheid met betrekking tot de afstanden en rijtijden. Op die manier heeft de matrix direct invloed op de aanverwante kostenplaatjes. Een onbetrouwbaar wegennetwerk kan nogal voor problemen zorgen en zal alle te behalen voordelen met het gebruik van het pakket te niet doen.

Zoals reeds vermeld worden de afstanden tussen adressen en de bijbehorende rijtijden niet door CAR berekend. Deze zijn opgeslagen in een aparte tabel. Wanneer de bestel- en afhaaladressen in CAR worden ingevoerd, worden ze via de postcodes van het adres gekoppeld aan deze tabel, die vervolgens de afstanden en rijtijden aan CAR doorgeeft. In de tabel die voor Nederland wordt gebruikt, is rekening gehouden met eventuele obstakels als rivieren en landgrenzen. Wanneer twee plaatsen tegenover elkaar aan de oever van een rivier liggen, geeft de tabel niet de hemelsbrede afstand, maar de afstand via de dichtstbijzijnde oeververbinding, met bijbehorende rijtijd.

Nederland is opgesplitst in ca. 4000 vier-cijferige postcode gebiedjes van 3 à 4 kilometer doorsnee. De afstand tussen twee adressen is de afstand van deze adressen tot het centrum (=knooppunt) van hun gebiedje, plus de afstand tussen de centra van de gebiedjes. Wanneer er meerdere adressen in een gebiedje liggen is de schatting van de afstand (dus) te hoog. Gemiddeld genomen is de afstand echter betrouwbaar ($\pm 90\%$) te noemen.

5.2.2 Het rekenmodel.

Er bestaan algoritmen die een optimale oplossing berekenen voor het rittenplannings probleem. Voor het VRP (=Vehicle Routing Problem) bestaan bijvoorbeeld algoritmen die gebaseerd zijn op de Branch en Bound procedure of op Bender's decompositie methode. Deze algoritmen kunnen in de praktijk echter alleen maar zeer kleine en beperkte problemen oplossen die niet overeenkomen met de werkelijkheid. Daarnaast kunnen de reketijden aanzienlijk toenemen naarmate het probleem groter wordt. Om deze redenen wordt in de praktijk altijd gebruik gemaakt van heuristieken die effectiviteit en efficiëntie combineren. Dat wil zeggen, ze leveren uitstekende oplossingen voor de problemen in een korte reketijd. De heuristieken proberen oplossingen aan te dragen die de optimale oplossing zo goed mogelijk benaderen. De in het verleden ontwikkelde heuristieken zijn vrijwel altijd afgeleid van heuristieken voor het TSP (=Traveling Salesman Problem).

De heuristiek is dus van zeer groot belang omdat deze de berekening van haalbare ritten uitvoert. Mocht deze rekenslag niet juist verlopen, of van onjuiste veronderstellingen uitgaan, dan zal er erg veel gecorrigeerd moeten worden.

De heuristieken die CAR hanteert zijn beide gebaseerd op het TSP-algoritme. De startwaarde ligt binnen 75% a 80% van de optimale oplossing en is beter dan die van een ervaren planner bij meer dan ca. 9 wagens en 100 adressen.

CAR maakt onderscheid tussen de volgende twee heuristieken:

- a. 3-fase heuristiek;
- b. 2-fase heuristiek.

Voor een uitgebreidere uiteenzetting over de werking van beide heuristieken, wordt verwezen naar bijlagen 13 en 14.

ad a. 3-fase heuristiek.

1e fase: Kiemen (Circle Covering Method).

- a. Ingeven aantal kiempunten = aantal vrachtwagens (ervaring planner).
- b. Bepaling van de cirkel.
- c. Aanwijzen kiempunt aan optimale plaats en tegelijkertijd toewijzen van vrachtwagen aan dit kiempunt (wagen heeft een capaciteit die overeenkomt met de toegedachte lading).
- d. Aantal kiempunten = aantal vrachtwagens.

2e fase: Clusteren (General Assignment Problem).

- a. Kiemroutes van depot naar kiempunt.
- b. Bestel- en afhaaladressen worden in groepjes ingedeeld, waarbij elke groep aan een kiempunt (vrachtwagen) wordt toegewezen.
- c. Verbetering 1: toewijzen adres aan ander cluster (beladingsgraad nivelleren).
- d. Verbetering 2: uitwisselen van twee adressen (kosten besparen).

3e fase: Ritten.

- a. De rit wordt bepaald die de wagen binnen het cluster gaat rijden.
- b. Toelaatbaarheid: bepaling van de extra kosten van het toevoegen van adressen in een bepaalde volgorde.

NB: Er bestaat ook de mogelijkheid vaste clusters in te geven.

ad b. 2-fase heuristiek.

1e fase: Kiemen (Circle Covering Method).

Zie 1e fase uit de 3-fase heuristiek hierboven.

2e fase: Ritten (Parallel Insertion Heuristic).

- a. Kiemroutes.
- b. Bepaal de beste en op één na beste toewijzing van de nog vrije adressen.
- c. Voeg dat adres toe waarbij het verschil tussen deze twee toewijzingen het grootst is.

5.2.3 Voor- en nadelen beide heuristieken.

Voordeel:

2-fase heuristiek:

De 2-fase heuristiek geeft een betere oplossing dan de 3-fase heuristiek (minder wagens, minder kilometers). Daarnaast is bij deze heuristiek de kans kleiner wat betreft het overblijven van vrije (niet toegewezen) adressen (zie bijlage 15).

3-fase heuristiek:

Het eerste voordeel is dat deze heuristiek sterke overeenkomsten vertoont met de huidige manier van plannen, waarbij de eerste twee fasen worden samengevoegd door het gebruik van vaste regio's (lees routes). De 3-fase heuristiek is er dan ook op gericht door het gebruik van vaste clusters een zo realistisch mogelijk beeld te geven van de huidige manier van plannen.

Een tweede voordeel is dat de planner de mogelijkheid heeft om tijdens iedere fase in te grijpen om eventuele wijzigingen aan te brengen. Dit is niet mogelijk bij de 2-fase planning.

Nadeel:

2-fase heuristiek:

Het eerste praktische nadeel is dat de startoplossing rare ritten creëert: een wagen die Groningen bedient doet adres in Noord-Holland aan.

Een tweede praktisch nadeel is dat de oplossing elke overeenkomst met de huidige manier van plannen mist.

Een derde nadeel is dat de 2-fase heuristiek meer rekentijd benodigd voor het aandragen van een startoplossing dan de 3-fase heuristiek.

3-fase heuristiek:

Kijkt alleen maar naar adressen binnen het cluster. Dit kan onnodig veel vrije adressen opleveren indien binnen een cluster ze niet meegenomen kunnen worden. Er wordt niet gekeken naar eventuele andere clusters (uitwisselbaarheid).

5.2.4 Opties CAR.

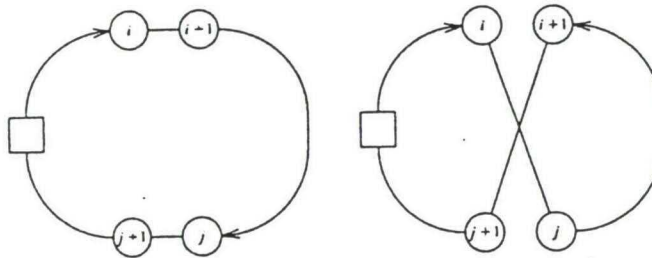
De opties die in CAR te bieden heeft zijn onafhankelijk van de keuze van heuristiek waar mee gewerkt wordt. (Toelichting op de opties: zie bijlage 16)

Verbeteren.

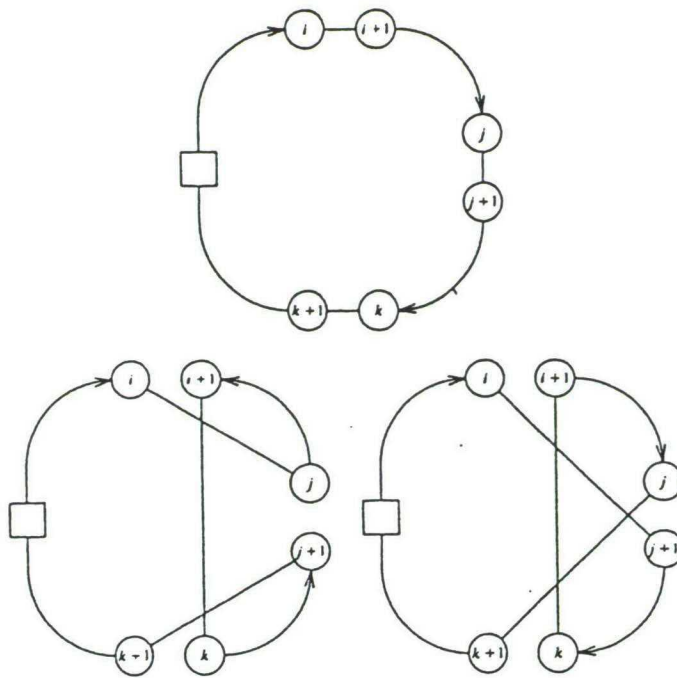
De gespecificeerde rit wordt, indien mogelijk, met behulp van optimalisatie technieken verbeterd. Het systeem bekijkt per rit hoe er geoptimaliseerd kan worden. Er worden dus geen adressen uitgewisseld tussen ritten, en er worden ook geen adressen uit een rit verwijderd wanneer deze bijvoorbeeld te lang is of te veel lading bevat.

CAR beschikt over de volgende optimalisatie technieken:

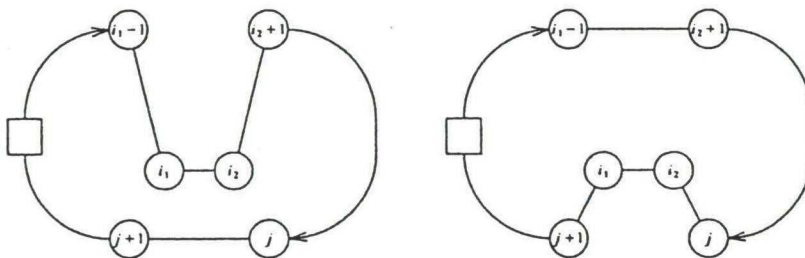
- a. 2-exchange: twee pijlen $(i,i+1)$ en $(j,j+1)$ vervangen door (i,j) en $(i+1,j+1)$, waarbij het pad $(i+1,\dots,j)$ omgedraaid wordt (zie figuur 5.1). Zo een 'exchange' resulteert in een lokale verbetering dan en slechts dan als $t(i,i+1) + t(j,j+1) > t(i,j) + t(i+1,j+1)$, met $t :=$ de afstand van een pijl respectievelijk pad;
- b. 3-exchange: drie pijlen worden verwijderd en voor de resterende segmenten bestaan zeven mogelijkheden om een nieuwe rit te construeren. Figuur 5.2 laat twee mogelijke 3-exchanges zien die uitgevoerd kunnen worden door de pijlen $(i,i+1)$, $(j,j+1)$ en $(k,k+1)$ van een rit te verwijderen;
- c. Or-exchange: de relocatie van het pad (i_1,\dots,i_2) tussen punten j en $j+1$ (zie figuur 5.3). Er zijn twee mogelijkheden voor de relocatie van een pad; eerdere relocatie (backward relocation) of latere relocatie (forward relocation) in de huidige rit.



Figuur 5.1 2-exchange



Figuur 5.2 Twee manieren om een 3-exchange uit te voeren.



Figuur 5.3 Or-exchange

Combineren.

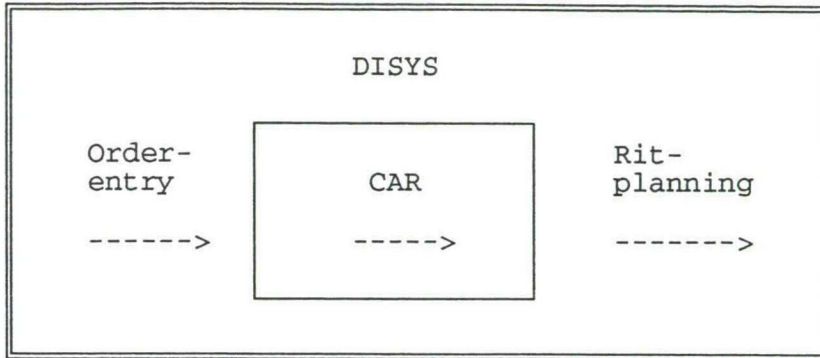
De gespecificeerde ritten worden ontbonden en met de vrijgekomen adressen worden nieuwe ritten gevormd. Het systeem gaat niet uit van de bestaande ritten, maar kijkt alleen naar de adressen van beide ritten. Hiermee worden, voor zover mogelijk, nieuwe optimale ritten gevormd. Dit kan zelfs tot gevolg hebben dat er van beide ritten één rit wordt gemaakt. De nieuwe ritten zullen geen tijd- of ladingrestricties overschrijden, tenzij de oude ritten al restricties overschreden.

5.3 DISYS: Districenter Information SYstem.

DISYS is een in opdracht van Districenters ontwikkeld programmapakket waarin zowel de fysieke goederenstroom alsmede de bijbehorende informatiestroom worden gedocumenteerd. Het verzorgt de data-integratie tussen de verladers en het Districenter. DISYS geeft informatie over de huidige en historische administratieve handelingen (inslag, opslag en uitslag) van de behandelde producten.

Wat is de relatie tussen DISYS en CAR?

Zoals reeds vermeld in paragraaf 5.2 is CAR een zelfstandig programma. Voor de in- en uitvoer van gegevens is het afhankelijk van een ander programma, dat er als een soort schil omheen ligt. DISYS is zo'n programma.



Figuur 5.4 Relatie CAR met DISYS.

In DISYS zijn modules geschreven die CAR van alle benodigde randinformatie voorziet. CAR doet puur en alleen de rittenplanning en daarvoor put hij zijn gegevens uit DISYS. De werking tussen CAR en DISYS kan het beste weergegeven worden aan de hand van de planningscyclus (bijlage 17).

5.4 Samenvatting en conclusies.

CAR is een computergestuurd software-pakket voor de operationele rittenplanning. De voor- en nadelen van CAR worden hieronder vermeld en nader toegelicht:

Voordelen.

1. CAR is een menugestuurd, interactief programma.
Dat betekent dat er sprake is van een dialoog tussen computer en planner. De planner geeft instructies die uit een menu worden gekozen. In de interactieve opzet kan de planner steeds zijn eigen kennis en ervaring gebruiken om het planningsproces te sturen. Desgewenst kan hij desnoods ritten helemaal handmatig plannen. CAR ondersteunt de planning; het is altijd de planner die beslist.
2. CAR beschikt over een sterke grafische user-interface.
Dat wil zeggen dat de adressen en ritten, desgewenst tegen de achtergrond van een landkaart, op het scherm worden getekend en niet in tekstvorm verschijnen. Voordelen van deze weergave zijn het realistische karakter, je ziet wat er gebeurt, en de overzichtelijkheid.
3. CAR geeft goede, werkbare startoplossingen.
CAR verricht het rekenwerk en doet oplossingen aan de hand, de planner kijkt of hij het ermee eens is en kan desgewenst wijzigingen aanbrengen.

Nadelen.

1. De grafische weergave op het scherm wordt onoverzichtelijk bij te veel adressen (bijvoorbeeld Randstad).
2. CAR werkt alleen wanneer er wordt gewerkt met één ladings eenheid ter bepaling van het capaciteitsbeslag van een rit. Dit kan een probleem geven bij het werken met een heterogeen produktenpakket. Om deze reden is het van groot belang te zoeken naar een goede ladingsequivalente maat voor een heterogeen produktenpakket.
3. Nederland is opgesplitst in circa 4000 4-cijferige postcode gebiedjes. De berekende afstand wordt te hoog als er meer dan twee adressen binnen één gebiedje liggen (circa 2 km per extra adres).
4. CAR houdt geen rekening met stadsdrukke op bepaalde tijden. Dit wordt aan de planner overgelaten.
5. Er wordt maar met één depot gewerkt. (Voor NDC-Utrecht is dit echter geen nadeel omdat het Districenter maar met 1 depot werkt)

Hoofdstuk 6. Onderzoek naar oplossing voor beladingsprobleem Utrecht.

6.1 Inleiding.

NDC-Utrecht werkt met een heterogeen produktenpakket. Dit brengt de nodige problemen met zich mee bij de distributie planning. Zo moet bij het bepalen van het capaciteitsbeslag van een rit, rekening worden gehouden met de handelbaarheid van de verschillende produkten, zoals de:

1. stapelbaarheid;
2. kantelbaarheid;
3. combinatie van produkten in een wagen.

Zoals reeds vermeld in hoofdstuk 2 zijn deze problemen op verschillende manieren op te lossen. De twee volgende mogelijkheden komen hiervoor in aanmerking:

- a. exact;
- b. niet exact.

Het exact oplossen van het beladingsprobleem brengt niet alleen technische alsmede praktische bezwaren met zich mee (zie paragraaf 2.2), maar gaat tevens voorbij aan de doelstelling van zowel de handmatige distributie planning als de rittenplanning met behulp van CAR.

Daarnaast gaat de voorkeur van het Districenter duidelijk uit naar een eenvoudige oplossing ten aanzien van dit probleem.

6.2 Onderzoek naar mogelijke ladingsequivalenten.

Bij het zoeken naar een equivalente maat hoeft het probleem met betrekking tot de kantelbaarheid van een produkt niet mee in beschouwing genomen te worden. Dit is namelijk niet relevant voor het Districenter, omdat alle produkten rechtop dienen te worden getransporteerd en dus niet willekeurig kantelbaar zijn. Daarnaast is de produkt-kennis van de chauffeurs alsmede de opschriften op de verpakking toereikend om dit probleem te kunnen ondervangen.

CAR houdt bij het bepalen van het capaciteitsbeslag van een rit geen rekening met de stapelbaarheid respectievelijk kantelbaarheid van een produkt. De distributie planning houdt daarentegen wel indirect rekening met het capaciteitsbeslag door te werken met de ladingsequivalente maat 'eenheden'.

CAR werkt, vanwege het rechtlijnig doorberekenen van het capaciteitsbeslag, met één equivalente maat (ladings eenheid) bij het bepalen van de capaciteit van een wagen. Deze maat is willekeurig invulbaar, zolang hij maar consequent voor alle produkten gehanteerd wordt. Hierbij zijn de volgende 'maten' te onderscheiden:

1. gewicht in kg;
2. volume in m³;
3. eenheden;
4. colli.

Alvorens ieder alternatief nader te onderzoeken op onderlinge verschillen en overeenkomsten, is het van belang na te gaan wat het knelpunt vormt bij het beladen van een wagen:

- het gewicht;
- het volume.

Dit is relevant omdat maat 1 betrekking heeft op het gewicht en maten 2 tot en met 4 op het volume.

6.2.1 Knelpunt bij beladen wagen.

Het gewicht vormt voor NDC-Utrecht nooit een knelpunt bij het beladen van een wagen wat betreft het maximaal toegestane laadvermogen. Het gewicht zal hoogstens een knelpunt kunnen vormen bij de stapelmogelijkheden van de produkten onderling.

Het grootste nadeel van het gewicht is dat het geen goede maat is voor een heterogeen produktenpakket. Dit omdat het geen onderscheid weergeeft tussen de handelbaarheid van produkten in een wagen.

Het volume vormt daarentegen wel het knelpunt voor het beladingsprobleem van NDC-Utrecht. Dat houdt in dat alleen nog maar de maten 2 tot en met 4 interessant zijn voor onderling vergelijk.

6.2.2 Volume-maten.

Voor de voor- en nadelen van elk van deze volume-maten wordt verwezen naar paragraaf 2.3.1 in hoofdstuk 2.

De maat 'eenheden' heeft naast de reeds vermelde voordelen nog een extra pluspunt. Deze maat wordt namelijk reeds gehanteerd bij de huidige distributie planning om de beladingsgraad van een rit te bepalen. De planner kan gemakkelijk qua grootte een voorstelling maken, als de produkten zijn uitgedrukt in 'eenheden'.

6.3 Toetsing haalbaarheid mogelijke volume-maat alternatieven.

Door de volume-maten onderling met elkaar te vergelijken blijken alleen de maten 'volume' en 'eenheden' geschikt te zijn als ladingsequivalente maat voor NDC-Utrecht.

Alvorens een keuze te maken is het van belang rekening te houden met de beperkingen van CAR ten aanzien van het vaststellen van het capaciteitsbeslag.

6.3.1 Vaststellen capaciteitsbeslag in CAR.

Zoals reeds vermeld houdt CAR bij het bepalen van het capaciteitsbeslag van een rit geen rekening met de 'handelbaarheid' van de verschillende produkten. Dit komt mede doordat het capaciteitsbeslag van een wagen rechtlijnig doorberekend wordt aan de hand van één equivalente maat. Zodoende kan CAR geen onderscheid maken tussen de combinatie van de onderlinge produkten in een wagen.

De beschikbare capaciteit van een wagen is een restrictie (en vast gegeven) bij het samenstellen van ritten, die niet geschonden mag worden. Bij het toekennen van orders aan een rit gaat CAR, wat de capaciteit-restrictie betreft, als volgt te werk:

- 1e. De totale beschikbare capaciteit van een wagen wordt opgedeeld in de kleinst mogelijk gehanteerde eenheidsmaat.
- 2e. Indien CAR besluit een order toe te voegen aan een rit (voldoet aan alle restricties), wordt de resterende capaciteit eenvoudig bepaald door het capaciteitsbeslag van die betreffende order van de tot dan toe totale beschikbare capaciteit af te trekken. Met andere woorden, CAR laad de wagen alsof hij een bak met water vult.

Het grootste nadeel hiervan is dat de produkten gezien worden als één identiteit die willekeurig gesplitst danwel gevouwen mogen worden in de meest gunstige vorm. De realiteit wat betreft het laden van een wagen, is ver te zoeken.

6.3.2 Selectie uit haalbare volume-maat alternatieven.

Door de overgebleven maten 'volume' en 'eenheden' te toetsen aan de beperkingen van CAR wat betreft het bepalen van het capaciteitsbeslag, komen we tot de volgende keuze:

Voor NDC-Utrecht valt het beste te werken met de equivalente maat 'eenheden', en wel om de volgende redenen:

- 1e. Door te werken met de maat 'eenheden' wordt er een grovere toekenning van capaciteitsbeslag per produkt gemaakt dan de maat 'volume' uitgedrukt in m³. Dit is vanuit het oogpunt van CAR gezien het beste om het capaciteitsbeslag voor een heterogeen produktenpakket te bepalen. Het 'volume' uitgedrukt in m³ is namelijk te gedetailleerd. CAR zal dan de wagen eerder tot de nok toe vullen omdat bij het 'volume' de produkten gedetailleerder op te delen vallen dan bij 'eenheden' het geval zal zijn. Bij het beladen van een wagen kunnen dus eerder problemen ontstaan door de maat m³ te hanteren dan het geval zal zijn met de maat eenheden.
- 2e. De maat eenheden wordt reeds gebruikt door de planning en is dus een alom bekend begrip.

6.4 Samenvatting en conclusies.

Bij de invoering van CAR in NDC-Utrecht wordt het niet wenselijk geacht tevens een ander softwarepakket te installeren, dat zich zuiver en alleen bezig houdt met het beladingsprobleem. Het exact oplossen van het beladingsprobleem gaat toch enigszins voorbij aan de doelstelling van een rittenplanning. Daarnaast zal de invoering van CAR al genoeg tijd in beslag nemen om het plannen soepel te laten verlopen.

Het beste kan dan ook naar een eenvoudige niet-exacte oplossing gezocht worden die, ten aanzien van het beladingsprobleem, toereikend is om het plannen met CAR mogelijk te maken. Zo'n eenvoudige niet-exacte oplossing is een ladingsequivalente maat te hanteren voor het vaststellen van de beladingsgraad van een rit.

Het pakket CAR werkt alleen indien er gewerkt wordt met één ladings eenheid (lees ladingsequivalente maat). Dit houdt in dat er naar zo'n ladings eenheid gezocht moet worden voor het produktenpakket van NDC-Utrecht.

Aan het werken met een ladings eenheid zitten de nodige voorwaarden verbonden:

- 1e. De maat moet bij alle produkten te hanteren zijn.
- 2e. Het moet een realistische maat zijn wat betreft het vaststellen van het capaciteitsbeslag van een produkt.

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat voor het Districenter Utrecht het beste de ladingsequivalente maat 'eenheden' gehanteerd kan worden. Deze maat 'eenheden' voldoet aan de algemene voorwaarden die verbonden zijn aan het werken met een ladingsequivalente maat. De maat 'eenheden' kan alleen goed functioneren indien voldaan wordt aan de volgende randvoorwaarden:

- 1e. Ieder produkt dient in eenheden uitgedrukt te worden.
- 2e. Het maximale laadvermogen van een vrachtwagen dient in eenheden te zijn weergegeven.
- 3e. Het aantal eenheden voor een bepaald produkt dient een zo realistisch mogelijke weergave te zijn van het capaciteitsbeslag (reëel resp. fictief).

De volgende informatie is van essentieel belang om ieder produkt zo goed mogelijk te herschrijven naar eenheden:

- a. het soort produkt;
- b. het reële volume-beslag;
- c. (eventueel) extra informatie, al dan niet afkomstig uit de loods.

Hoofdstuk 7.

Loading sequence planning.

7.1 Inleiding.

Indien naast het werken met de equivalente maat 'eenheden' ook nog rekening wordt gehouden met de 'loading sequence' van orders inplannen, is het mogelijk de beladingsgraad te verbeteren.

Met de 'loading sequence' wordt de volgorde bedoeld waarin de orders dienen te worden ingepland. Dit omdat iedere andere volgorde een bepaalde capaciteitsbenutting van de wagen tot zijn gevolg heeft. Met andere woorden: door de 'loading sequence' van de planning kunstmatig te beïnvloeden draagt dit bij tot een optimalere benutting van de capaciteit.

7.2 Produktklassen relevant voor distributie planning.

Het produktenpakket dat van belang is voor de distributie planning van NDC-Utrecht, valt grofweg in 4 verschillende soorten produktklassen onder te verdelen. Deze produktklassen zijn de volgende:

1. witgoed (AEG);
2. kartone dozen en kratten (Honda);
3. geassembleerde produkten, al dan niet op een pallet (Honda);
4. pallets met kartone dozen (alle verladers)
(minimaal 20 colli per order, met uitzondering van de Makro-orders).

Deze produktklassen hebben de volgende kenmerken:

ad 1. Witgoed:

- a. homogeen produktenpakket;
- b. capaciteitsbeslag in CAR kan rechtlijnig doorberekend worden op basis van het volume per produkt;
- c. er hoeft niet expliciet rekening te worden gehouden met de handelbaarheid, met name de stapelbaarheid, van de produkten.

ad 2. Dozen + kratten (Honda):

- a. homogeen produktenpakket;
- b. er dient wel rekening gehouden te worden met de handelbaarheid (stapelbaarheid) van de onderlinge produkten;
- c. de capaciteit van de wagen wordt niet optimaal benut.

ad 3. Geassembleerd (Honda):

- a. heterogeen produktenpakket;
- b. er dient wel rekening gehouden te worden met de handelbaarheid (stapelbaarheid) van de onderlinge produkten;
- c. de capaciteit van de wagen wordt zeer zeker niet optimaal benut.

ad 4. Pallets:

- a. homogeen produktenpakket;
- b. er dient wel rekening gehouden te worden met de handelbaarheid (stapelbaarheid) van de onderlinge produkten;
- c. de capaciteit van de wagen wordt niet optimaal benut.

Indien nu zuiver en alleen gekeken wordt naar de capaciteitsbenutting van de wagen, kan de volgende conclusie met betrekking tot de 'load sequence' getrokken worden:

Om een zo hoog mogelijke beladingsgraad te bereiken, dienen de produkten als volgt ingepland te worden:

- 1e. witgoed (AEG);
- 2e. dozen + kratten (Honda) en pallets (alle verladers);
- 3e. geassembleerd (Honda).

Bij het hanteren van deze 'load sequence' schuilt het gevaar dat er te eenzijdig gekeken wordt naar de beladingsgraad. Zo zouden de geassembleerde produkten er ten alle tijden het slechtste vanaf komen. Vanwege de onrendabele capaciteitsbenutting, de kwetsbaarheid en de onhandelbaarheid van geassembleerde produkten, gaat de voorkeur uit deze als laatste in te plannen om zodoende als eerste te kunnen afleveren. Dit is echter niet realistisch, omdat meerdere factoren van belang zijn bij het inplannen van orders respectievelijk produkten.

7.3 Prioriteiten.

Omdat je met een heterogeen produktenpakket werkt, dien je met alle soorten produktclassen simultaan rekening te houden. Door de 'load sequence' te beïnvloeden met behulp van prioriteiten toekenning, wordt de capaciteit beter benut. De prioriteiten dienen dan aan te geven welke produkten respectievelijk orders de voorkeur genieten bij het samenstellen van ritten.

De prioriteit kan gedefinieerd worden als een functie van:

- niveau capaciteitsbenutting wagen;
- urgentie order;
- contractuele afspraken met verlader.

Er spelen dus meerdere factoren een rol bij de 'load sequence' en dus bij de prioriteiten toekenning. Daarnaast dient er rekening gehouden te worden met de mogelijkheden die CAR te bieden heeft op dit vlak.

CAR werkt met twee prioriteiten, en wel de volgende twee:

- hoge prioriteit;
- geen prioriteit.

Als eerste pland CAR ten alle tijden de orders met een hoge prioriteit in.

Bij het samenstellen van ritten wordt een hoge beladingsgraad zeer wenselijk geacht. Met behulp van prioriteiten dient te worden nagegaan hoe dit verwezenlijkt kan worden. De nodige alternatieven komen hier voor in aanmerking. Deze alternatieven vallen in twee groepen onder te verdelen:

Groep 1: Eén-Staps planning.

Neem de gehele orderportefeuille in zijn totaal en ken aan de orders al dan niet een prioriteit toe. Er kan met maximaal 1 prioriteitsniveau en 2 prioriteiten gewerkt worden.

Groep 2: Meerdere-Stappen planning.

Splits de totale orderportefeuille op in subportefeuille's. Nu kan er met meerdere prioriteitsniveaus en prioriteiten gewerkt worden. Het voordeel van subportefeuille's is dat de planning makkelijker in stappen kan plaatsvinden.

Iedere groep wordt nu nader bekeken om de onderlinge verschillen en overeenkomsten met elkaar te kunnen vergelijken.

7.4 Eén-Staps planning.

De orderportefeuille wordt niet gesplitst in subportefeuille's. Zoals reeds vermeld hebben we nu twee prioriteiten ter beschikking om de orders van elkaar te kunnen onderscheiden.

Rekening houdend met de factoren die van belang zijn of een order al dan niet een 'hoge' prioriteit krijgt toegewezen, komen we tot het volgende resultaat:

- | | | |
|------------------|----|---|
| Hoge prioriteit: | a. | alle AEG-orders op basis van:
- niveau capaciteitsbenutting;
- contractuele afspraken;
- eventuele urgentie. |
| | b. | urgente-orders van alle verladers. |
| Geen prioriteit: | | alle overige orders. |

7.5 Meerdere-Stappen planning.

Wat zijn de voordelen van het opsplitsen van de orderportefeuille in subportefeuille's? Ten eerste creëer je zo kunstmatig meerdere prioriteitsniveaus en kan er dus gewerkt worden met meerdere prioriteiten. Ten tweede heb je zodoende een betere controle over de moeilijk handelbare orders bij het inplannen in ritten. De verschillende soorten orders worden namelijk in stappen ingepland.

De orderportefeuille wordt ruwweg opgesplitst in de volgende twee subportefeuille's:

1e subportefeuille: Deze bestaat uit alle orders die eenheden hebben toegewezen gekregen.

2e subportefeuille: Het resterende deel van de orders hebben alle een capaciteitsbeslag van 0 eenheden meegekregen.

Waarom de orders met 0 eenheden capaciteitsbeslag scheiden van de overige orders?

Ten eerste wil je streven naar een zo hoog mogelijk realiseerbare beladingsgraad. Dit houdt in dat er gedetailleerder eenheden aan produkten toegewezen worden. Deze minder grove toewijzing zorgt ervoor dat de veiligheidsmarge afneemt, waardoor de controle van 0 eenheden orders wenselijker wordt.

Ten tweede kan er een capaciteitsprobleem optreden indien er meerdere orders van 0 eenheden in één rit worden gepland. Dit omdat deze orders niet samengenomen worden om alsnog eenheden toe te kennen, voor een realistischer beeld van het capaciteitsbeslag.

Ten derde bestaat het gevaar dat bij veel 0-eenheden orders in een rit, in CAR de afstands- en tijdsfactor eerder een knelpunt gaat vormen dan de capaciteit.

Conclusie: de voorkeur gaat uit om de orders met 0 eenheden pas als laatste in de ritten in te plannen.

Enkele alternatieven die hiervoor in aanmerking komen zijn:

- 2-Staps planning (paragraaf 7.5.1);
- 3-Staps planning (paragraaf 7.5.2).

7.5.1 2-Staps planning.

1e Stap: CAR creëert ritten aan de hand van de subportefeuille van orders met eenheden. Met behulp van prioriteiten kan weergegeven worden welke orders voorrang hebben ten opzichte van anderen.

Hoge prioriteit: a. alle AEG-orders;
 b. urgente-orders alle verladers.

Geen prioriteit: overige orders.

De gevormde ritten worden weggeschreven en dienen als uitgangsbasis voor de verder planning.

2e Stap: Voeg manueel (met behulp van CAR) de orders met 0 eenheden toe aan de reeds bestaande ritten. Bij manueel inplannen streef je ernaar de mogelijkheden die CAR biedt zo optimaal mogelijk te benutten. Laat CAR, indien uitvoerbaar, de beste oplossingen berekenen (voorstellen) door het adres toe te wijzen aan de rit die zich daar het meest voor leent, en op de plaats die daarvoor het meest geschikt is. Ook in deze fase kan onderscheid worden gemaakt tussen de onderlinge orders aan de hand van prioriteiten. Van alle 0-eenheden orders krijgen de AEG-orders een hoge prioriteit mee.

Waarom de orders met 0 eenheden manueel inplannen?
CAR houdt met meerdere restricties rekening dan alleen maar de capaciteit. Zolang de overige restricties niet geschonden worden, pland CAR 0 eenheden orders zonder optredende capaciteitsproblemen in. De planner kan nu kunstmatig een betere controle, qua capaciteitsbeslag, uitoefenen gedurende de planning. (Vaak passen ze toch wel in een rit)

7.5.2 3-Staps planning.

Splits de subportefeuille van orders met eenheden verder op in de volgende twee deelportefeuille's:

- a. portefeuille met alleen maar AEG-orders;
- b. portefeuille met resterende orders uit deze subportefeuille.

De volgende plannings-stappen worden dan doorlopen:

1e Stap: Laat CAR ritten creëren van alle AEG-orders (met eenheden), rekening houdend met eventuele prioriteiten. Schrijf deze ritten weg en gebruik ze als uitgangspunt voor de verdere planning.

2e Stap: De resterende orders uit de subportefeuille met eenheden-orders kunnen nu, rekening houdend met alle restricties, door CAR zo optimaal mogelijk worden ingepland bij de reeds bestaande ritten uit stap 1. Hier kunnen ook weer, indien wenselijk, prioriteiten aan orders worden gekoppeld.

3e Stap: Zie stap 2 uit de 2-Staps planning.

Het heeft niet veel zin om de planning in meer dan drie stappen te laten plaatsvinden voor NDC-Utrecht. Dit omdat het extra nut van betere oplossingen niet zal opwegen tegen de extra tijd die zo'n planning met zich meebrengt. Je bent dan te gedetailleerd bezig.

7.6 Voor- en nadelen één-staps versus meerdere-stappen planning.

Het grote voordeel van een 'Meerdere-Stappen' planning ten opzichte van de 'één-Staps' planning is dat er bij een 'Meerdere-Stappen' planning met meerdere prioriteitsniveau's gewerkt kan worden. Zodoende is het eenvoudiger om in CAR, desgewenst, onderscheid te maken tussen de verschillende soorten orders.

Er is echter wel een groot nadeel verbonden aan het gecombineerd werken met een 'Meerdere-Stappen' planning en de fictieve toekenning van 0 eenheden aan produkten. De ritten kunnen niet willekeurig met elkaar gecombineerd worden in CAR. De kans bestaat dan dat de orders met een capaciteitsbeslag ter grootte van 0 eenheden onderling tussen de ritten worden uitgewisseld. De capaciteitsrestrictie kan zodoende ongemerkt worden geschonden en niet haalbare ritten construeren. De planner dient hier rekening mee te houden.

Daarnaast spreekt het voor zich dat de initiële ritten, gecreëerd in de 1e stap van een 'Meerdere-Stappen' planning, qua rijvolgorde niet strak gehanteerd dienen te worden bij de volgende stappen van orders inplannen. Indien een initiële rijvolgorde wel strak gehanteerd wordt, zullen de afstands- en tijdsfactor zwaarder gaan wegen. Dit omdat er zodoende onnodig veel extra kilometers gereden worden.

7.7 Samenvatting en conclusies.

Een gedetailleerdere oplossing voor het oplossen van het beladingsprobleem is door naast het werken met ladingsequivalenten, rekening te houden met de 'loading sequence' van de planning.

Door de totale orderportefeuille op te splitsen in 'homogene' subportefeuille's draagt dit enerzijds bij tot een betere benutting van de beladingsgraad en anderzijds tot een betrouwbaarder eenhedenstelsel.

Omdat CAR met één ladings eenheid werkt, wordt er qua handelbaarheid geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende soorten produkten respectievelijk orders onderling. Toch kan de beladingsgraad (capaciteitsbenutting) van een wagen verhoogd worden door de volgorde van orders inplannen kunstmatig te beïnvloeden. Dit kan tot stand worden gebracht door te werken met een 'Meerdere-Stappen' planning en prioriteiten toekenning aan orders.

Kijkend naar de huidige manier van plannen valt te constateren dat ook hier de verschillende orders in meerdere stappen ingepland worden. Tevens genieten enkele orders ten opzichte van andere duidelijk de voorkeur (prioriteiten). Hiermee rekening houdend, kan het volgende geconcludeerd worden:

Een 'Meerdere-Stappen' planning in CAR sluit beter aan bij de huidige manier van plannen. Doordat hierbij tevens onderscheidt kan worden gemaakt tussen de verschillende orders met behulp van prioriteiten, kan een hogere beladingsgraad per wagen gerealiseerd worden.

Bij de alternatieven van een 'Meerdere-Stappen' planning heeft met name de '3-Staps' planning het grote voordeel dat er met meerdere prioriteitsniveau's gewerkt kan worden. Zodoende kan er beter rekening worden gehouden met de handelbaarheid van de verschillende produkten van NDC-Utrecht.

Hoofdstuk 8. Handmatige versus geautomatiseerde planning.

8.1 Inleiding.

De doelstelling van dit hoofdstuk is om na te gaan wat de verschillen en overeenkomsten zijn tussen de huidige manier van plannen en het plannen met behulp van CAR. Dit is van belang om erachter te komen waar eventuele knelpunten respectievelijk gebreken kunnen optreden, bij de invoering van CAR.

Tevens wordt nagegaan welke informatie, die indien nodig van belang is voor de huidige planning, beschikbaar gesteld wordt voor CAR en hoe deze informatie vervolgens verwerkt wordt door CAR. In dit hoofdstuk worden de gegevens, weergegeven in de voorgaande hoofdstukken, onderling met elkaar vergeleken.

8.2 Benodigde informatie.

In deze paragraaf wordt vastgesteld of er genoeg gegevens beschikbaar zijn voor de planning met behulp van CAR.

8.2.1 Uitgangssituatie planning.

Net als de huidige planning dient CAR rekening te houden met de voor de rittenplanning essentiële informatie betreffende overeengekomen afspraken tussen het Districenter en zijn verladers respectievelijk vervoerders.

Van de overeengekomen afspraken met de verladers is voor CAR alleen de distributie service van belang (met name de 24-uurs). De planner lost dit handmatig op door orders, waarvoor deze 24-uurs service geldt, als eerste in te plannen. CAR kan onderscheid maken tussen het belang van de verschillende orders in portefeuille door te werken met de volgende twee prioriteitsniveau's:

- geen prioriteit;
- hoge prioriteit.

De orders met een hoge prioriteit worden ten alle tijden als eerste ingepland in een rit.

Indien voor alle verladers de 24-uurs distributie service geldt, dan vervalt de prioriteiten toewijzing in verband met deze overeengekomen distributie service. Voor CAR gaan dan andere factoren een belangrijke rol spelen bij het inplannen van orders in ritten. Bij een gelijkblijvend aantal vrachtwagens zullen de afstands- en tijdsfactoren zwaarder gaan wegen dan het capaciteitsbeslag van orders.

De overeengekomen afspraken met de vervoerders hebben geen invloed op de rittenplanning met CAR. Dit omdat van het aantal vast in dienstverband zijnde wagens afgeweken mag worden indien de planning dit uitwijst. Daarnaast is de overeengekomen kilometer vergoeding een vast gegeven voor het Districenter en zodoende niet van direct belang voor de planning met CAR.

8.2.2 Informatie van belang voor rittenplanning met CAR.

Met de gegevens vermeld op de planlijst worden de huidige ritten samengesteld. Al deze informatie is afkomstig uit DISYS.

Net als de planner heeft CAR gegevens nodig die zuiver en alleen van belang zijn om de ritten te plannen. De meest essentiële gegevens die de planner hiervoor hanteert zijn ook relevant voor CAR, zoals:

- a. postcode nummer gekoppeld aan order;
- b. het aantal stuks en het bijbehorende capaciteitsbeslag van een artikel respectievelijk een order.

Daarnaast kan een deel van de extra benodigde informatie vermeld bij een order, verwerkt worden in de speciale CAR-modules van DISYS. CAR houdt tevens rekening met de verschillende soorten tijdvensters van zowel een afnemer, een chauffeur als het depot. Dit is een voordeel van CAR ten opzichte van de handmatige planning.

8.2.3 Verwerking gegevens door CAR.

De meeste gegevens die relevant zijn voor de huidige planning en die DISYS weergeeft, zijn direct te gebruiken door CAR. Andere gegevens daarentegen moeten eerst herschreven worden zodat CAR er beter mee overweg kan.

Met name voor de gegevens die benodigd zijn bij het vaststellen van het capaciteitsbeslag van een toelaatbare rit, is het voor CAR van belang deze zo goed mogelijk te verwerken.

CAR werkt, bij het vaststellen van het capaciteitsbeslag, met één ladingsequivalente maat voor alle produkten. Hierbij maakt CAR geen onderscheid tussen welk soort produkten dan ook.

De planning hanteert voor het bepalen van het capaciteitsbeslag ook één equivalente maat, namelijk 'eenheden'. Om de produkten respectievelijk orders uit te drukken in 'eenheden', heeft de planner de volgende gegevens nodig:

- 1e. soort artikel en aantal stuks ervan;
- 2e. volume in m³, indien het eerste niet voldoende informatie verschaft;
- 3e. informatie uit loods, als het eerste en tweede niet toereikend is.

Al deze informatie moet nu gebundeld worden in één equivalente maat voor CAR. Met behulp van deze equivalente maat kan het capaciteitsbeslag van een rit bepaald worden.

8.3 Doelstellingen en restricties.

De doelstellingen en restricties van de planner alsmede de chauffeur, liggen op een lijn met die van CAR.

Zo hebben de drie hoofddoelstellingen van de planner en de eerste doelstelling van de chauffeur alle betrekking op de distributie kosten. Deze distributie kosten zijn opgebouwd uit een afstands- en tijdsfactor. CAR probeert, net als de huidige planning, de distributie kosten te minimaliseren, hierbij rekening houdend met onder andere de volgende restricties:

- beschikbare capaciteit van de wagen;
- beschikbare tijd van de chauffeur;
- tijdvensters van de adressen.

Het voordeel van CAR is dat CAR met alle doelstellingen van de huidige handmatige planning simultaan rekening kan houden. Een rit is haalbaar wanneer aan alle restricties voldaan wordt.

8.3.1 **Consequenties CAR voor huidige werkwijze planning.**

Doordat CAR met meerdere doelstellingen rekening kan houden dan degene die gehanteerd worden bij de handmatige planning, heeft dit gevolgen voor de huidige werkwijze van plannen.

De doelstellingen, alsmede de bijbehorende beslisregels, van de huidige planning komen nu gedeeltelijk te vervallen of worden anders geïnterpreteerd.

Doordat CAR voor alle ritten tegelijk oplossingen aandraagt, door met alle orders in de totale orderportefeuille simultaan rekening te houden, komt de volgorde van ritten plannen enigszins te vervallen.

De chauffeur krijgt van de planner de rit kant en klaar aangeleverd wat betreft de te rijden volgorde van lossen en laden. Dat heeft tot gevolg dat de eerste doelstelling van de chauffeur, het steken¹ van zijn rit, komt te vervallen. CAR neemt dit voor zijn rekening.

8.4 Verwachte besparingen.

Het werken met CAR zal de nodige besparingen tot gevolg hebben. Op de eerste plaats is dat een besparing in de tijd die nodig is voor de planning: een computer rekent nu eenmaal sneller dan de meeste mensen. Dit houdt in dat de planner gedurende de gewonnen tijdwinst beter in staat is zijn kennis en ervaring te benutten. Met behulp van CAR kan hij zich zodoende beter concentreren op het samenstellen van de meest optimaal mogelijke rittenplanning. Daarmee wordt bedoeld dat de planner zich zuiver en alleen kan richten op de kosten (afstand en tijd) en de beladingsgraad voor haalbare ritten.

¹ De adressen op de juiste rijvolgorde leggen.

Op de tweede plaats wordt een besparing in de distributie kosten verwacht, met name door het efficiënter inzetten van de wagens. Bijvoorbeeld door een vermindering van het aantal in te zetten wagens. Indirect volgt hier echter niet noodzakelijk uit dat er minder kilometers (de totale lengte van de ritten) worden gereden. Deze besparing van de distributie kosten wordt voornamelijk verwacht door een ander gebruik van de tot nu toe gehanteerde oplossingsmethode. De 'grootte' van besparing is niet exact weer te geven omdat dit van verschillende factoren afhangt, zoals:

- het aantal in te plannen adressen;
- het aantal vrachtwagens;
- de heuristiek;
- de kwaliteit van de planner.

Door te werken met de ladingsequivalente maat 'eenheden' zal in eerste instantie geen zichtbare voordelen (besparingen) optreden ten aanzien van de capaciteitsbenutting van een vrachtwagen (rit). Dit komt omdat bij het vaststellen van de beladingsgraad, CAR precies hetzelfde te werk gaat als een planner handmatig. Zodra er echter ritten gewijzigd worden, bijvoorbeeld door met elkaar te combineren, heeft het werken met CAR ten aanzien van het vaststellen van de beladingsgraad van deze ritten, wel aanzienlijke voordelen. CAR kan namelijk meteen de beladingsgraad en eventuele overschrijdingen van de ladingsrestricties, ten aanzien van deze veranderingen, weergeven.

8.5 Oplossingsmethode rittenplanning.

De handmatige oplossingsmethode van de distributie planning die momenteel bij NDC-Utrecht wordt gebruikt berust op een vereenvoudiging van de 'cluster first, route second'² heuristiek. Deze vereenvoudiging is gebaseerd op de veronderstelling dat de spreiding van de adressen van dag tot dag vrij constant is. Dit wordt verduidelijkt door het feit dat de planner iedere dag de orders (adressen) grofweg aan dezelfde 'vaste' clusters (zie paragraaf 4.4.3) toewijst.

In tweede instantie bepaald de chauffeur de volgorde van rijden van de aan hem toegewezen rit.

8.6 Samenvatting en conclusies.

Indien de handmatige rittenplanning vergeleken wordt met de geautomatiseerde rittenplanning van CAR, kan men constateren dat beide in het algemeen dezelfde doeleinden nastreven. Daarnaast zijn er overeenkomsten te ontdekken wat betreft de aanpak van de rittenplanning. Echter beide hebben specifieke voor- en nadelen.

Het handmatig plannen van ritten heeft in tegenstelling tot een rittenplanningspakket, enkele beperkingen tot gevolg. Bij een handmatige planning is een planner beperkt in staat om simultaan met meerdere doelstellingen respectievelijk restricties rekening te houden. Daarnaast kan de planner ook niet met al die voorwaarden rekening houden waar een rittenplanningspakket mee uitgerust is.

² Hierbij worden eerst alle adressen aan een bepaalde vrachtwagen toegewezen, waarna de adressen die een specifieke vrachtwagen moeten belevaren op route worden gelegd.

De beperkingen van handmatig plannen ten opzichte van plannen met behulp van CAR ligt met name op het gebied van:

1. minimaliseren van de kosten van een rit als functie van afstand en tijd;
2. tijdvensters van de adressen.

Daarnaast heeft handmatig plannen ten opzichte van CAR ook voordelen. CAR is duidelijk minder flexibel ten aanzien van het omgaan en verwerken van gegevens die betrekking hebben op de extra relevante informatie vermeld bij een order. Deze informatie is niet eenmalig vast te leggen voor CAR, omdat ze van dag tot dag verschillen.

CAR is echter helemaal niet flexibel ten aanzien van het vaststellen van de beladingsgraad van een rit. CAR kan de beladingsgraad alleen maar berekenen aan de hand van één ladings eenheid. Om nu alle produkten te herschrijven naar zo'n ladings eenheid dienen meerdere gegevens gebundeld te worden tot één gegeven waar CAR mee overweg kan. Dit hoeft echter voor alle produkten maar eenmalig vastgelegd te worden.

Ondanks dit nadeel kan CAR ten opzichte van de handmatig rittenplanning een verwachte kostenbesparing opleveren.

Hoofdstuk 9. Implementatie aspecten voor CAR.

9.1 Inleiding.

Het installeren van CAR zal de nodige veranderingen teweeg brengen in zijn directe werkomgeving. Zo zullen er aanpassingen, al dan niet in systemen, plaats moeten vinden.

Om CAR goed te laten functioneren dienen alle noodzakelijke wijzigingen één voor één onderzocht te worden. Dit om eventuele knelpunten op te sporen.

9.2 Ladingsequivalente maat 'eenheden'.

Alvorens de maat eenheden gehanteerd kan worden om het capaciteitsbeslag te bepalen, moet er het een en ander vastgelegd worden om het werk te vergemakkelijken.

9.2.1 Eenheidsmaat.

Door met de maat eenheden te werken dient als uitgangspunt een eenheidsmaat¹ gedefinieerd te worden, die equivalent staat met één eenheid.

Als mogelijke alternatieven valt hierbij te denken aan:

- een hypothetisch produkt met te definiëren afmetingen;
- een bestaand produkt met vast gegeven afmetingen.

Indien voor een bestaand produkt gekozen wordt, kan het beste dat produkt genomen worden dat het meeste met het rechtstreeks vervoer meegaat.

Voor het Districenter Utrecht is dat de wasmachine; Lavamat 625, met de afmetingen 66*68*88 in centimeter, van verlader AEG. De planner hanteert dit type wasmachine ook als zijnde één eenheid.

9.2.2 Eenhedentoeckenning aan produkten.

Alle produkten dienen uitgedrukt te worden in de maat eenheden. De meest logische manier om dit te doen, is de produkten een code mee te geven die direct, danwel indirect, het aantal eenheden capaciteitsbeslag weergeeft. Deze code kan gebruikt worden voor het vaststellen van het capaciteitsbeslag aan de hand van de te definiëren volume-range's of oppervlak-range's. Dit omdat zowel het volume in m³ als het (draag-)oppervlak in m² bepalend kunnen zijn voor het toekennen van eenheden aan produkten.

Voor codering komen de volgende alternatieven in aanmerking:

- a. produkten;
- b. produktgroepen;
- c. artikelgroepen.

¹ Een maat waarin men grootten of hoeveelheden in uitdrukt.

Deze alternatieven worden nu één voor één nader uitgewerkt.

Ad a. Produkten.

Geef ieder produkt, onafhankelijk van de verlader, een code mee op basis van zijn volume uitgedrukt in m³.

Voordeel:

- Het meest nauwkeurig.

Nadeel:

- Van ieder produkt dienen de maten: lengte, breedte en hoogte exact te worden gedefinieerd.
- Er moet van ieder produkt apart het volume bepaald worden. Dit is niet altijd realiseerbaar.
- Er dienen een zeer uitgebreid aantal volume-range's gedefinieerd te worden, die aangeven hoeveel eenheden aan een bepaald produkt wordt toegewezen.
- Meer codes zijn waarschijnlijk vereist om moeilijk handelbare produkten kunstmatig in een andere volume range te laten vallen. Dit is nodig om een fictief aantal eenheden toe te kennen aan deze produkten.
- Het is niet mogelijk om het volume van ieder produkt (per verlader) weer te geven. Ook niet realistisch gezien de verpakking van sommige produkten tijdens de distributie. (Denk aan produkten op pallets gestapeld)

Ad b. Produktgroepen.

Produktgroepen per verlader creëren en iedere produktgroep een eigen code meegeven. Als produktgroep valt bijvoorbeeld te denken aan wasmachines of koelkasten van verlader AEG.

Indien dit per verlader gedaan wordt, kan er beter rekening worden gehouden met de:

- karakteristieken van produkten;
- handelbaarheid van produkten.

Voordeel:

- Het is voor ieder soort produkt realiseerbaar, ook voor produkten op pallets gestapeld.
- Minder codes nodig vanwege clusteren produkten.
- Beter toewijzing mogelijk van het (fictieve) aantal eenheden aan een produktgroep.

Nadeel:

- Grote schommeling mogelijk qua volume tussen de onderlinge produkten binnen een produktgroep. Hierdoor kunnen er onnauwkeurigheden ontstaan bij het toekennen van eenheden.
- Niet ieder produktenpakket van elke verlader leent zich hier goed voor.

Ad c. Artikelgroepen.

Artikelgroepen per verlader samenstellen en een code meegeven. Het is dus mogelijk om meerdere soorten produkten binnen een artikelgroep te hebben. De artikelgroepen dienen te worden samengesteld op basis van overeenkomende karakteristieken (bijvoorbeeld volume en soort produkt) en handelbaarheid.

Voordeel:

- Reeds gedaan voor een aantal verladers bij NDC-Utrecht aan de hand van indeling produkten (per verlader) in tariefgroepen.
- Beter toewijzing mogelijk van fictieve maten aan artikelgroepen, daar je de samenstelling van de volume range's beter zelf in de hand hebt.
- Voor ieder soort produkt mogelijk, ook voor pallets.

Nadeel:

- Door te werken met bredere volume range's kan er een onnauwkeurigheid ontstaan bij een mogelijke toewijzing van eenheden aan artikelgroepen. Dit vanwege de diversiteit tussen de onderlinge produkten. (Andere factoren, naast het volume, spelen namelijk ook een rol bij het beladingsprobleem).

Door de alternatieven met elkaar te vergelijken komen we tot de volgende conclusie:

Voor NDC-Utrecht valt het beste te werken met artikelgroepen. Enerzijds omdat deze reeds gedeeltelijk in hun systeem gedefinieerd zijn. Anderzijds zijn er overeenkomsten te ontdekken tussen de reeds gedefinieerde artikelgroepen (lees tariefgroepen) en de toekenning van eenheden aan produkten uit deze artikelgroepen.

Het koppelen van codes aan produkten resp. artikelgroepen hoeft maar eenmalig te geschieden binnen DISYS.

9.2.3 Eenhedentoeckenning aan wagens.

Voor het vaststellen van het maximaal toegestane laadvermogen van een wagen, uitgedrukt in eenheden, is niet het volume in m³ bepalend, maar het vloeroppervlak in m².

Als uitgangspunt dient het reële draagoppervlak van de gekozen eenheidsmaat genomen te worden. Dit omdat, ter verkrijging van een realistisch beeld, capaciteit niet willekeurig recht toe recht aan door elkaar gedeeld mag worden. Produkten vallen namelijk niet in capaciteitsbeslag op te delen. Zodoende wordt tevens een zekere veiligheidsmarge ingecalculleerd.

9.2.4 Eenheden-verwerkingsproces.

Omdat ieder produkt herschreven dient te worden naar eenheden, is het van belang na te gaan wanneer de eenheden het beste kunnen worden toegekend aan de produkten. Dit kan plaatsvinden op verschillende momenten gedurende het orderverwerkingsproces binnen DISYS.

Het beste is indien de produkten direct herschreven worden bij de 'order entry'. De voor- en nadelen worden hieronder nader toegelicht:

Voordeel:

De produkten respectievelijk orders zijn meteen bruikbaar voor de planning met CAR.

Nadeel:

Doordat de meeste orders binnen komen via de data-line, kan er een probleem ontstaan indien je zeer gedetailleerd eenheden wilt toekennen aan bijvoorbeeld (produkten op) pallets. De hoogte kan vaak niet ingeschat worden.

Het toekennen van eenheden geschiedt per produkt (produkt-niveau), maar per order (order-niveau) worden de eenheden naar CAR overgeschreven. Zodoende kunnen enkele problemen die het werken met fictieve maten met zich meebrengt, ondervangen worden. Deze problemen zijn met name de volgende:

- a. Voor lichte bromfietsen, verpakt in karton, wordt een variabele toekenning van eenheden gehanteerd. Zo wordt er voor 1 bromfiets in een rit 6 eenheden capaciteitsbeslag berekend, maar zo ook voor 2 bromfietsen in een rit. CAR, zowel als DISYS, kan het capaciteitsbeslag van zulke orders niet op rit-niveau bepalen.
- b. Bij het kleingoed ligt het iets anders. Indien er minder dan een bepaald aantal stuks kleingoed in één order zitten, worden er 0 eenheden aan toegewezen. Er kan een capaciteitsprobleem ontstaan indien er consequent 0 eenheden worden toegewezen aan alle kleingoed-orders. Zo'n capaciteitsprobleem kan ontstaan als er teveel van deze orders in één rit terecht komen.

Deze problemen kunnen gedeeltelijk ondervangen worden door de bij dit soort produkten eenheden toe te kennen op een flexibele manier. Dat wil zeggen:

1. $0 < \text{ordergrootte} \leq x$, dan bijvoorbeeld z eenheden;
2. $x < \text{ordergrootte} \leq y$, dan bijvoorbeeld $(z+1)$ eenheden;
3. $y < \text{ordergrootte}$, dan bijvoorbeeld $(z+2)$ eenheden.

Deze flexibele eenheden toekenning vindt dus plaats op orderniveau.

9.3 Prioriteiten.

De planning heeft bij het werken met CAR de beschikking over twee prioriteiten om orders van elkaar te onderscheiden.

Prioriteiten hoeven niet speciaal in verband worden gebracht met het hanteren van een bepaalde 'load sequence' van plannen, zoals die in hoofdstuk 8 beschreven zijn.

Het toekennen van prioriteiten aan orders kan het beste plaats vinden in DISYS. CAR kan dit zonder problemen inlezen. Omdat er maar gewerkt wordt met 2 prioriteiten moet het niet moeilijk zijn dit op een handige manier te verwerken.

9.4 Haalbaarheid huidige werkwijze planning.

Indien de werkwijze van de huidige handmatige planning grotendeels geautomatiseerd wordt, is het van belang na te gaan wat voor gevolgen dit met zich meebrengt.

9.4.1 Het huidige eenhedenstelsel.

Door de planning gedurende twee weken nauwkeurig te volgen, bleek het huidige eenhedenstelsel consequent gehanteerd te worden door de planner.

Een kleine uitzondering hierop is dat de planner wel eens meer eenheden aan een wagen resp. rit toe wil kennen dan de gebruikelijke maximale 50 tot 60 eenheden. Dit om de chauffeurs indirect te verplichten de produkten te stapelen en of om zoveel mogelijk bijlading² in één keer mee te nemen.

9.4.2 Extra informatie order.

CAR is beperkt in het omgaan met de extra informatie die vermeld staat bij een order. CAR is hierbij afhankelijk van hoe DISYS ze kan verwerken tot bruikbare gegevens.

Op de huidige planlijst staat de totale orderportefeuille vermeld. Dat wil zeggen dat er orders tussen staan die bijvoorbeeld nog niet geleverd hoeven te worden en of een gewenste leverdatum hebben meegekregen.

CAR wil alleen de relevante orders voor de volgende dag inlezen. Door in DISYS de datum van die orders die nog niet mee mogen respectievelijk moeten te verhogen, wordt dit probleem opgelost. Een alternatief is om de orders die nog niet uitgeleverd mogen worden, weg te schrijven naar een route-file die vervolgens niet wordt ingelezen door CAR.

Voor zendingen met een remboursbedrag moet ten alle tijden eerst gebeld worden alvorens ze in te plannen. Het is dan ook niet mogelijk dit zodanig vast te leggen in DISYS dat CAR hier rekening mee kan houden. De beste oplossing hiervoor is eerst te bellen alvorens deze orders door CAR in te laten lezen.

9.4.3 LRV.

Zolang er gewerkt wordt met een planlijst is het eenvoudig om orders die in aanmerking komen voor het LRV, te scheiden van de orders voor het RV.

Het streven is om, door te werken met CAR, de planlijst als zodanig te schrappen. Deze LRV-orders worden dan ook in CAR ingelezen.

Gezien de doelstellingen en restricties die CAR hanteert, worden deze orders, net als alle andere orders, ingepland zolang met name de capaciteitsrestrictie niet geschonden wordt. De LRV-orders genieten misschien zelfs de voorkeur van CAR om eerder ingepland te worden dan de RV-orders. Dit omdat CAR bij het creëren van ritten de doelstelling; minimaliseren van de kosten (afstand en tijd); belangrijker acht dan een hoge beladingsgraad. Uiteraard mag de capaciteitsrestrictie hierbij niet geschonden worden.

² Bijlading in de context van: de order is voor de rit, qua capaciteitsbeslag, te groot om alles in één keer te vervoeren.

9.5 Samenvatting en conclusies.

De implementatie van CAR vereist vooraf de nodige aanpassingen om het werken met het pakket mogelijk te maken.

Zo zullen alle elementen en factoren die van invloed zijn op het vaststellen van welke vorm van capaciteitsbeslag dan ook, vastgelegd moeten worden. Concreet houdt dit in dat aan alle produkten en vrachtwagens eenheden worden toegekend.

Bij het Districenter wordt het wenselijk geacht om de basisgedachte achter de huidige werkwijze van plannen, zoveel mogelijk te blijven hanteren bij de invoering van CAR.

De aspecten die hiervoor van belang zijn dienen onderzocht te worden op hun haalbaarheid van implementeren. Zo blijkt dat niet alle informatie die de planner zonder moeite hanteert om ritten samen te stellen, eenvoudig in DISYS of CAR verwerkt kan worden.

Hoofdstuk 10. GT voor bepalen capaciteitsbeslag produkten.

10.1 Inleiding.

In dit hoofdstuk wordt onderzocht hoe op een efficiënte en gedetailleerde manier eenheden kunnen worden toegewezen aan produkten. Het doel dat we hierbij voor ogen hebben is het vinden van een algemene methode die op een eenvoudige en betrouwbare manier het capaciteitsbeslag van produkten voor de distributie kan bepalen. Het voordeel van zo'n methode is dat een efficiënter eenhedenstelsel een effectiviteitsverbetering van de planning tot stand kan brengen.

De algemene factoren die van belang zijn voor het vaststellen van het capaciteitsbeslag van produkten dienen geanalyseerd en gestructureerd te worden. Het is dan beter mogelijk om produkten met dezelfde kenmerken te groeperen.

GT (= Groepentechnologie, zie bijlage 18) is een filosofie afkomstig uit de productie-omgeving, die produkten identificeert en op basis van aanwezige overeenkomsten groepeert. In deze context valt GT goed te implementeren. Er wordt dan ook geprobeerd de basisgedachte achter deze produktiefilosofie toe te spitsen op het probleem met betrekking tot het toekennen van eenheden aan produkten.

In paragraaf 10.2 wordt de huidige situatie beschreven. In paragraaf 10.3 wordt de algemene gedachte achter GT herschreven voor het distributie probleem, waarna in paragrafen 10.4 de methoden om GT aan te pakken verder uitgewerkt worden. Paragraaf 10.5 spitst dan deze methoden afzonderlijk toe op NDC-Utrecht.

10.2 Huidige situatie planning.

De planner van NDC-Utrecht maakt bij het vaststellen van het capaciteitsbeslag onderscheid tussen de verschillende soorten produkten. Dit omdat iedere verlader een ander produktenpakket heeft met zijn eigen specifieke produktkenmerken. Per verlader worden de produkten bekeken waardoor een inschatting kan worden gemaakt wat betreft hun capaciteitsbeslag.

Er wordt tijdens de planning gewerkt met twee soorten maten voor het capaciteitsbeslag (eenheden en alleen integers) van de produkten:

- a. reële maat;
- b. fictieve maat.

De produkten met fictieve maten zijn verder onder te verdelen in de volgende twee categorieën:

1. produkten die een kleiner capaciteitsbeslag krijgen toegewezen dan hun werkelijke, namelijk 0-eenheden;
2. produkten die een groter capaciteitsbeslag krijgen toegewezen dan hun werkelijke.

De tweede categorie fictieve maten zorgt ervoor dat er ten behoeve van het beladingsprobleem een veiligheidsmarge ingecalculleerd wordt voor de moeilijk handelbare produkten.

Indien een produkt een fictief groter capaciteitsbeslag krijgt toegewezen dan zijn werkelijke, hanteert de planner hiervoor de volgende regel:

$$\text{fictief grote maat produkt} := 2 * (\text{reële maat produkt})$$

De redenen waarom de planner een factor twee hanteert is dat deze produkten in het merendeel van alle gevallen op de laadvloer dienen te staan en de ruimte erboven als verloren beschouwd mag worden. Dit vanwege het feit dat hoofdzakelijk om praktische beladingsredenen, alleen maar produkten met een capaciteitsbeslag van 0-eenheden bovenop geplaatst kunnen worden.

Daarnaast geldt in de praktijk dat in een vrachtwagen maximaal twee eenheden wasmachines (=eenheidsmaat planning) hoog gestapeld kan worden.

Voor het vaststellen van het capaciteitsbeslag wordt met name gelet op een aantal transport kenmerken van de produkten. Deze kenmerken bepalen of een produkt al dan niet een fictieve maat moet worden toegewezen. Tevens zijn ze van invloed op de handelbaarheid van een produkt. De kenmerken zijn te splitsen in de volgende twee categorieën:

A. Hoofdkenmerk.

1. volume, het volume wordt ten alle tijden als uitgangspunt genomen om het capaciteitsbeslag van een produkt te bepalen.

B. Nevenkenmerken.

1. gewicht, het gewicht van een produkt bepaald mede of stapelen vanuit een praktisch oogpunt gezien mogelijk is;
2. verpakking, de verpakking geeft in de meeste gevallen aan hoe een produkt vervoerd kan en dient te worden;
3. laadvloer, of een produkt al dan niet op de laadvloer moet staan wordt mede bepaald door zijn volume, gewicht en verpakking;
4. stapelbaar, het is om praktische beladingsredenen niet altijd mogelijk om produkten willekeurig te stapelen. De stapelbaarheid wordt met name beïnvloed door het volume, het gewicht en de verpakking van het betreffende produkt.

Het hoofdkenmerk is ten alle tijden van belang voor het vaststellen van het capaciteitsbeslag van een produkt, of dat nu een reël danwel een fictief capaciteitsbeslag is. De nevenkenmerken zijn vooral van belang om na te gaan of een produkt al dan niet een grotere fictieve maat toegekend moet worden.

Deze factoren zijn alle, direct danwel indirect, van belang voor het bepalen van het capaciteitsbeslag van een produkt. Ze zijn echter niet in eenduidige belisregels weer te geven. Dit komt mede omdat, afhankelijk van het soort produkt, de ene keer de factor volume een zwaardere rol speelt en de andere keer de factor verpakking.

De produkten worden uiteindelijk door de planner per verlader gegroepeerd naar hun desbetreffende, al dan niet fictieve, capaciteitsbeslag.

10.3 Groepentechnologie.

GT is een filosofie waarbij men produkten identificeert (herkent) en op basis van aanwezige overeenkomsten groepeert. Voor de distributie kunnen overeenkomsten in produkten betrekking hebben op:

- verlader;
- soort;
- capaciteitsbeslag;
- transport kenmerken;
- etc.

GT is een benadering die zich richt op het vinden van gelijksoortige kenmerken en gebruikt hiervoor vervolgens gemeenschappelijke oplossingen. Afhankelijk van het toepassingsgebied zullen de kenmerken verschillend zijn en zullen andere criteria gehanteerd worden om tot groepering en selectie te komen. Produkten die vanuit een of meer gezichtspunten overeenkomsten vertonen zullen worden samengevoegd tot produkten families (PFs).

Voor de distributie is het vooral van belang om produkten met gelijksoortige capaciteit karakteristieken te groeperen in een familie. De produkten in een familie zijn verschillend, echter ze hebben voldoende overeenkomsten om familielid te zijn.

10.3.1 Eenheidsmaat-produkt.

Een eenheidsmaat-produkt is nodig om het capaciteitsbeslag van produkten, uitgedrukt in deze eenheidsmaat, te bepalen. Het wordt als het ware als uitgangspunt genomen om de capaciteit van andere produkten te bepalen. Wanneer zo'n eenheidsmaat-produkt gekozen is hoeft men alleen nog maar de capaciteit van het eenheidsmaat-produkt te vergelijken met de capaciteit van andere produkten.

Een produkt dat als uitgangspunt genomen wordt voor deze eenheidsmaat kan zowel een bestaand als een hypothetisch produkt zijn.

Wanneer de verschillende produkten in een familie voldoende 'homogeen' zijn, zal het gebruik van een eenheidsmaat-produkt onnodig veel werk met betrekking tot het vaststellen van het capaciteitsbeslag elimineren.

10.3.2 Methoden van familie Vorming.

Bij het analyseren van de produkten kan men in grote lijnen het capaciteitsbeslag vastleggen. Deze grote lijnen kunnen zichtbaar gemaakt worden door:

- het herkennen van produkten;
- het standaardiseren van het vaststellen van het capaciteitsbeslag.

Bij de invoering van GT speelt de keuze van de groeperingskenmerken een belangrijke rol. De volgende methode bestaan om te komen tot familievorming:

- a. visuele herkenning;
- b. naamgeving / functionele analyse;
- c. herkennen door klassificeren en coderen van produktkarakteristieken.

ad a. Visuele herkenning.

Dit is de meest grove en de minst geavanceerde methode. Een geselecteerde verzameling produkten kan op uiterlijke kenmerken worden gegroepeerd. Het belangrijkste probleem bij deze methode is het eenduidig toepassen van de criteria.

ad b. Naamgeving / functionele analyse.

Een soort produkt kan verschillende namen bezitten. Deze methode voldoet dan ook alleen voor die produkten die altijd dezelfde functie hebben.

ad c. Klassificeren en coderen (K&K).

Deze methode is het meest gecompliceerd en tijdverwend. De produkten worden gegroepeerd naar capaciteitsbeslag en transport karakteristieken. Ieder produkt wordt voor het terugzoeken een kodennummer meegegeven. Klassificeren is het samenvoegen op grond van bepaalde eigenschappen, en coderen dient ter ondersteuning van het zoeken (door het toekennen van bepaalde symbolen aan de groepen).

Het doel van deze methoden is te komen tot een betere capaciteitsbepaling voor de distributie planning. De gebreken van methode a en b zijn hierbij overduidelijk. De ordening daar is niet gerelateerd aan het vaststellen van het capaciteitsbeslag van de produkten. Dit geldt echter wel voor K&K. Zodoende worden methode a en b in het verdere verloop van het onderzoek buiten beschouwing gelaten.

10.4 GT-methoden.

Er zijn twee methoden om GT aan te pakken:

1. de klassifikatie methode;
2. de klusteringsmethode.

Methode 1 wordt uitgebreid besproken in paragraaf 10.4.1 en methode 2 in paragraaf 10.4.2.

10.4.1 Klassifikatie methode.

Een klassifikatie systeem identificeert overeenkomsten van produkten en relateert deze aan een coderingssysteem, die er een numerieke of alfanumerieke code aan toekent. Aan ieder produkt komt een zogenaamd label te hangen, waarop deze overeenkomsten volgens vastgelegde systematiek genoteerd worden.

De methode K&K groepeert produkten in families. Van ieder produkt worden de transport kenmerken en het capaciteitsbeslag geanalyseerd. Deze kenmerken worden eenduidig in een code vastgelegd. Klassificeren betekent in dit verband het standaardiseren van het proces dat de capaciteit vaststelt.

Kenmerken.

De meeste K&K systemen hebben een numerieke opbouw. In een produktklassifikatie systeem worden de volgende kenmerken gekodeerd:

- algemene kenmerken;
- produktafhankelijke kenmerken.

Voor de distributie komen bijvoorbeeld de volgende kenmerken van produkten in aanmerking voor codering:

1. Algemene kenmerken:

- verlader;
- soort produkt;
- type / model.

2. Produktafhankelijke kenmerken:

- reële capaciteitsbeslag;
- specifieke transport kenmerken produkt;
- werkelijk toegekende capaciteitsbeslag.

Kodestructuren.

De kodestructuren in de toepassing van GT zijn in drie typen te verdelen:

1. monokode (hiërarchisch- of boomstructuur);
2. polykode (niet hiërarchisch of kettingstructuur);
3. hybrid structuur (een combinatie van 1 en 2, ook wel multikode genoemd).

De verschillende typen kodestructuren worden hieronder kort beschreven.

ad 1. Monokode.

De interpretatie van iedere volgende kodepositie is afhankelijk van de voorganger. Elk volgend cijfer detailleert als het ware de informatie uit de vorige. Er is een soort hiërarchie. Op deze manier kan veel informatie over de karakteristieken van het produkt worden vastgelegd (informatie die in het algemeen permanent van aard is).

ad 2. Polykode.

De interpretatie van iedere kodepositie in deze kode staat op zich, zonder dat er een relatie is met bijvoorbeeld een voorgaande positie in de kode. De polykode gaat uit van onafhankelijke cijfers.

ad 3. Hybrid structuur.

De hybrid structuur is een combinatie van beide hierboven beschreven systemen. Deze combineert het beste van bovengenoemde twee. In de praktijk komt deze dan ook het meeste voor.

Gezien de te koderen kenmerken is een hybrid kodestructuur het beste te implementeren. Dit omdat bij de algemene kenmerken vaak een duidelijke hiërarchie te herkennen is en dit niet het geval is bij de produktafhankelijke kenmerken.

10.4.2 Klustering methode.

In de klustering methode worden klusters van produkten en hun desbetreffende capaciteitsbeslag bepaald aan de hand van bepaalde kenmerken. Er zijn twee formuleringen mogelijk van het klustering probleem:

- a. matrix formulering;
- b. mathematische programmerings formulering¹.

ad a. Matrix formulering.

Stel een produkt-capaciteit matrix $[a(i,j)]$ samen. Deze bestaat uit enen en nullen, waarbij een 1 (0) in $[a(i,j)]$ wil zeggen dat produkt i een (geen) capaciteitsbeslag van j heeft. Vervolgens worden klustering technieken gebruikt om de produkt-capaciteit matrix $[a(i,j)]$ door middel van het verwisselen van rijen en kolommen een blok-diagonaal vorm te geven waarin we produkten families (klusters) kunnen onderscheiden. Binnen een produkt familie hebben alle produkten hetzelfde capaciteitsbeslag.

¹ Een mathematische programmerings formulering is een model met een mathematische structuur, met de daarbij behorende specifieke veronderstellingen, dat opgelost kan worden door een standaard oplossings techniek te hanteren.

Een nadeel van de matrixformulering is dat het in veel gevallen zeer moeilijk is, zeker indien er zeer veel rijen/kolommen zijn, om de blok-diagonaal structuur van de matrix te verkrijgen.

Een voordeel daarentegen is dat de produkten recht toe recht aan worden toegewezen aan hun capaciteitsbeslag. Dat wil zeggen, ieder produkt kan slechts aan één bepaalde capaciteit-range worden toegewezen.

ad b. Mathematische programmerings formulering.

De mathematische programmerings formulering onderscheidt zich van de methode van matrix formulering omdat nu het aantal produkten families vast ligt (van te voren specificeren) en niet resulteert uit de klustering.

Deze methode moet voor het probleem met betrekking tot het vaststellen van het capaciteitsbeslag van de produkten ook meer gezien worden als een hulpmiddel om de matrix formulering te ondersteunen bij de kluster vorming.

10.5 Toetsing haalbaarheid GT-methoden voor NDC-Utrecht.

De twee GT-methoden besproken in de voorgaande paragraaf, worden nu verder uitgewerkt en toegespitst voor NDC-Utrecht.

10.5.1 Klassificeren en coderen.

Alvorens de produkten te klassificeren en coderen kan het beste een voorklustering gedaan worden om het overzicht beter te bewaren. Deze voorklustering houdt in dat niet het totale produktenpakket van alle verladereen gezamenlijk bekeken en geklassificeerd wordt, maar het produktenpakket per verlader. Zodoende kan er beter rekening worden gehouden met de produktafhankelijke kenmerken per produktenpakket.

Algemene kenmerken.

Bij de algemene kenmerken is de interpretatie van iedere volgende kodepositie afhankelijk van zijn voorganger. Dit houdt in dat elk volgend cijfer als het ware de informatie uit de vorige detailleert. Hier hebben we dus duidelijk te maken met een monokode structuur.

In de praktijk kan dit het beste gedaan worden aan de hand van het nummeren van de verschillende verladereen onderling, het nummeren van de verschillende produkt soorten per verlader alsmede het nummeren van de verschillende type produktsorten. Bijvoorbeeld:

<u>Verlader</u>	<u>Soort produkt</u>	<u>Type / model</u>
(1) AEG:	(1) wasmachine; (2) koelkast;	(1) Lavamat; (2) Turnamat; (1) Santo; (2) etc.
(2) Honda:	(1) bromfiets;	(1) SA; (2) MT/MB.

Produktafhankelijke kenmerken.

De produktafhankelijke kenmerken die alle betrekking hebben op het vaststellen van het capaciteitsbeslag van produkten, kunnen het beste weergegeven worden aan de hand van een polykode structuur. Dit omdat de interpretatie van iedere kodepositie in deze kode op zichzelf staat. Er is dus geen relatie met bijvoorbeeld een voorgaande positie in de kode.

Alle essentiële gegevens die van belang zijn voor de distributie planning kunnen uiteindelijk aan de hand van de kodestructuur van een produkt meteen worden afgelezen. Deze methode van klassificeren en coderen wordt echter niet verder uitgewerkt aan de hand van een voorbeeld.

10.5.2 Matrix formulering.

Bij de klustering methode worden klusters van produkten en hun desbetreffende capaciteitsbeslag bepaald. Voor NDC-Utrecht kan dit het beste gedaan worden aan de hand van 3-dimensionale produkt-capaciteit matrices $[a(i,j,k)]$.

Deze matrices $[a(i,j,k)]$ zijn alle hetzelfde opgebouwd, en wel als volgt:

- i := verzameling produkten;
- j := verzameling 'reële' capaciteitsbeslag groepen;
- k := verzameling 'werkelijk toegekende' capaciteitsbeslag groepen.

De produkten worden op basis van hun specifieke kenmerken gegroepeerd en toegewezen aan een bepaald capaciteitsbeslag. Bij het groeperen wordt het volgende criterium gehanteerd:

creëer zo weinig mogelijk groepen waarvoor geldt dat binnen een groep de gelijkheid zo groot mogelijk is en tegelijkertijd het verschil tussen de groepen onderling zo groot mogelijk is.

Alvorens zo'n 3-dimensionale matrix te formuleren kan het beste een voorklustering gedaan worden om het toewijzingsprobleem eenvoudiger en overzichtelijker te houden. Deze voorklustering houdt in dat het totale produktenpakket van alle verladers gezamenlijk gesplitst wordt in produktenpakketen per verlader. Zodoende kan er beter gelet worden op de verschillende karakteristieken van de produkten onderling.

Nadat deze voorklustering gedaan is, is het toewijzingsprobleem met behulp van de 3-dimensionale matrices aanzienlijk vereenvoudigd. De afzonderlijke matrices (per verlader) kunnen nu beter afgestemd worden op de specifiek benodigde gegevens van het betreffende produktenpakket.

De produkten worden aan de hand van twee iteratie stappen toegewezen aan hun werkelijke capaciteitsbeslag. Alvorens echter deze toewijzing plaatsvindt, worden als eerste de maatgroepen (range's) gevormd van zowel het 'reële' als het 'werkelijk toegekende' capaciteitsbeslag. Deze maatgroepen zijn beide uitgedrukt in eenheden en lopen stapsgewijs met een 0.5 op, startend vanaf nul. Afhankelijk van de karakteristieken van het produktenpakket, zijn deze maatgroepen alsmede het 'reële' capaciteitsbeslag van de produkten gebaseerd op het volume in m³ danwel het draagoppervlak in m² van de eenheidsmaat.

Het klusteren wordt sequentieel uitgevoerd. Als eerste worden de maatgroepen gevormd, waarna pas in tweede instantie de produkten worden geklusterd.

De oplossings procedure voor het toewijzingsprobleem is opgebouwd uit de volgende fasen:

1e fase: Analyseer globaal het produktenpakket per verlader. Dit moet een idee opleveren hoeveel maatgroepen gevormd moeten worden en een beeld geven welke transport kenmerken relevant zijn in verband met het al dan niet toekennen van fictieve maten.

2e fase: Stel de maatgroepen samen op basis van het volume in m³ of het draagoppervlak in m² van de eenheidsmaat.

3e fase: Eerste iteratie.
Wijs de produkten toe aan hun desbetreffende reële capaciteitsbeslag range. Hierbij kan ieder produkt slechts worden toegewezen aan één maatgroep. Deze stap kan exact uitgevoerd worden aan de hand van de reële m³ of m² gegevens van een produkt.
In deze eerste iteratie worden reeds aan een aantal produkten hun werkelijke fictieve capaciteitsbeslag toegekend, namelijk aan de 0-eenheden produkten. Voor deze categorie produkten vervalt de tweede iteratie.
Daarnaast vervalt de tweede iteratie ook voor een homogeen produktenpakket omdat hier geen onderscheid hoeft worden gemaakt tussen reële en fictieve maat produkten betreffende hun handelbaarheid.

4e fase: Tweede iteratie. (3e dimensie)
Indien nodig worden de produkten binnen een reële capaciteitsbeslag range aan de hand van een mathematisch programmerings model gesplitst in twee PFs. Dit wordt gedaan op grond van overeenkomsten in transport kenmerken. Binnen een PF is het aantal verschillen in transport kenmerken dan gering.
De gevonden PFs moeten ertoe bijdragen de reële maat produkten te scheiden van de fictieve maat produkten. Zodoende kunnen de produkten worden toegewezen aan hun 'werkelijk toegekende' capaciteitsbeslag.
Dit model is gebaseerd op verschillende aannames die gemaakt zijn ten aanzien van de transport kenmerken die bepalen of een produkt al dan niet in aanmerking komt voor een fictieve maat. Het model is dan ook niet meer dan een zo realistisch mogelijke benadering van de werkelijkheid.

De oplossings procedure van de eerste alsmede de tweede iteratie worden in paragraaf 10.5.3 verder uitgewerkt en toegelicht.

10.5.3 Oplossings procedure matrix formulering.

Eerste iteratie: exact.

1e stap: Standaard matrix formulering.

Formuleer een produkt-volume matrix waar de produkten worden toegewezen aan hun betreffende reële (exacte) capaciteit range, uitgedrukt in eenheden. Aan de hand van klusterings technieken (rij- en kolom verwisselen) worden produkten families (PFs) onderscheiden (gegroepeerd) op basis van hun capaciteitsbeslag in eenheden.

Tweede iteratie: Mbv. mathematische programmerings formulering.

2e stap: Standaard matrix formulering.

Voor de produkten families (PFs) gevonden in de 1e stap, met uitzondering van de 0-eenheden PF, wordt een produkt-(transport kenmerk) matrix samengesteld. Zo'n matrix wordt voor iedere PF afzonderlijk gevormd om de voordelen behaalt uit de 1e stap niet ongedaan te maken.

Deze matrix $[a(i,j)]$ bestaat uit enen en nullen, waarbij een 1 (0) wil zeggen dat voor produkt i wel (niet) het transport kenmerk j geldt. Het probleem hierbij is dat niet voor alle produkten consequent dezelfde transport kenmerken gehanteerd kunnen worden. Welke kenmerken van belang zijn of eventueel zwaarder moeten wegen (wegingsfactoren; wordt niet verder in voorbeeld toegepast), is afhankelijk van en verschillend per produktenpakket respectievelijk PF.

Probeer de transport kenmerken per produktenpakket zo realistisch mogelijk te kiezen (heuristische model aanname). Hierbij vooral rekening houdend met de eventuele afhankelijkheid tussen de kenmerken onderling. Dit omdat het aantal kenmerken mede de rekentijd voor het oplossen van het model bepaald.

De afhankelijkheid tussen de onderlinge kenmerken kan theoretisch onderzocht en vastgesteld worden door lineaire regressie's uit te voeren voor de verschillende kenmerken. Deze methode zal echter niet verder behandeld worden.

Transport kenmerken.

- volume: indien bij dit kenmerk een 1 staat, krijgt het desbetreffende produkt een fictieve maat toegewezen;
- gewicht: zie volume;
- verpakking: zie volume;
- laadvloer: is afhankelijk van zowel het volume, het gewicht en de verpakking;
- stapelbaar: zie laadvloer.

(Het aantal mogelijke transport kenmerk combinaties per produkt is gelijk aan 'twee' tot de macht 'het aantal transport kenmerken')

3e stap: Analyse transport kenmerk matrix.

Indien blijkt dat binnen een PF alle produkten dezelfde transport kenmerken hebben, kunnen de produkten handmatig worden toegewezen aan hun 'werkelijk toegekend' capaciteitsbeslag. Hetzelfde geldt indien het aantal te onderzoeken produkten binnen een PF zeer klein is. Ga in beide gevallen direct naar de 6e stap. In alle andere gevallen vervolg de oplossings procedure (4e stap).

4e stap: Similarity matrix.

Aan de hand van de gevonden transport kenmerk matrix formulering uit de 2e stap kunnen de "similarity"-indices (=indicatoren die aangeven hoe zeer twee verschillende produkten overeenkomen in termen van de m transport kenmerken) van de produkten onderling bepaald worden. Deze indices zijn nodig om de similarity matrix $[s(i,j)]$ samen te stellen. $s(i,j) \in \{0,..,m\}$

5e stap: "P-mediaan formulering".

De gevonden resultaten uit de 4e stap worden nu met behulp van een "P-mediaan formulering", dat een speciaal geval is van het (gegeneraliseerde) toewijzingsprobleem, exact opgelost

Bij deze "P-mediaan formulering" moet wel goed voor ogen worden gehouden dat het model gebaseerd is op bepaalde veronderstellingen betreffende de werkelijkheid.

Bij een mathematische programmerings formulering dienen het aantal te specificeren PFs van tevoren vast te liggen. Het aantal PFs is een element uit de verzameling: $p \in \{0,..,n\}$, met p := het aantal PFs en n := het aantal produkten.

In dit geval worden de produkten binnen een PF gevonden in de eerste iteratie, gesplitst in twee nieuwe PF-groepen. De ene PF-groep bevat produkten die alle in aanmerking komen voor een reëel capaciteitsbeslag (alle transport kenmerken hebben een 0), terwijl in de andere PF-groep produkten zitten die in aanmerking komen voor een fictieve maat (tenminste één transport kenmerk heeft een 1).

Voor het model van de "P-mediaan formulering", zie ommezijde.

Model.

De volgende parameters en variabelen worden in de "P-mediaan formulering" onderscheiden:

- n het aantal produkten;
p het aantal produkten families (PFs);
- $x(i,j) =$
1 als produkt i tot PF j behoort;
0 in ieder ander geval.

In de "P-mediaan formulering" is het doel de som van de 'similarities', de indicatoren die de overeenkomsten tussen twee produkten aanduiden, te maximaliseren:

$$\text{MAX } \sum_i \sum_j s(i,j) * x(i,j) \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, n \\ j = 1, \dots, n \end{array} \quad (1)$$

$$\text{o.v. } \sum_{j=1..n} x(i,j) = 1 \quad i = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=1..n} x(j,j) = p \quad (3)$$

$$x(i,j) \leq x(j,j) \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, n \\ j = 1, \dots, n \end{array} \quad (4)$$

$$x(i,j) = \{0,1\} \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, n \\ j = 1, \dots, n \end{array} \quad (5)$$

- (1) Maximaliseer de som van de 'similarities';
- (2) elk produkt behoort slechts tot één PF;
- (3) specificeert het aantal PFs;
- (4) produkt i kan slechts tot PF j behoren indien deze PF daadwerkelijk gevormd is;
- (5) 'integraal'-vergelijking.

Het model is geschreven en getest aan de hand van het softwarepakket OMP² (zie bijlage 19).

² OMP, een 'Opimization Package' voor LP- en MIP-problemen, is één van de softwarepakketten van Beyers & Partners te België.

6e stap: Toewijzen PF-groepen aan 'werkelijk toegekend' capaciteitsbeslag.

Nadat de splitsing in de twee nieuwe PFs voltooid en de soort maat per PF-groep bekend is, kan iedere PF worden toegewezen aan zijn 'werkelijk toegekende' capaciteitsbeslag range. Dit houdt in dat de PF-groep met produkten die in aanmerking komen voor een fictieve maat, een capaciteitsbeslag mee krijgen die twee maal zo groot is dan hun reële capaciteitsbeslag. De andere PF-groep met produkten behoudt zijn reële capaciteitsbeslag. Herhaal de tweede iteratie (2e t/m 6e stap), zolang totdat alle PFs, gevonden bij de eerste iteratie, onderzocht zijn.

7e stap: Klusteren.

Tenslotte worden aan de hand van klusterings technieken alle produkten met hetzelfde 'werkelijk toegekende' capaciteitsbeslag samengevoegd in PFs. Bij de rittenplanning worden deze PFs gehanteerd om de beladingsgraad van een rit te kunnen vaststellen.

10.5.4 Case NDC-Utrecht.

De oplossings procedure van de matrix formulering is achtereenvolgens uitgewerkt en getest aan de hand van enkele A/B-categorie produkten van de verladers AEG en Honda. Deze procedure is echter voor iedere verlader afzonderlijk uitgevoerd. Dit is gedaan omdat verlader AEG een homogeen en verlader Honda een heterogeen produktenpakket heeft.

De 33 geteste produkten van verlader AEG worden reeds in de eerste iteratie van de oplossings procedure toegewezen aan hun 'werkelijk toegekende' capaciteitsbeslag. Van deze 33 produkten kregen 19 stuks, vanwege het te kleine capaciteitsbeslag, de fictieve maat van 0-eenheden toegewezen. Aan de resterende 14 produkten werd een reële maat gekoppeld. Voor een uitvoerige uitwerking wordt verwezen naar bijlage 20.

Het merendeel van de 41 geteste produkten van verlader Honda diende zowel de eerste alsmede de tweede iteratie van de oplossings procedure te doorlopen alvorens ze konden worden toegewezen aan hun 'werkelijk toegekende' capaciteitsbeslag. Van deze 41 produkten kreeg 1 produkt na de eerste iteratie de fictieve maat 0-eenheden toegewezen. Na de tweede iteratie werden aan nog eens 33 van de resterende 40 produkten een fictieve maat gekoppeld. Voor een uitvoerige uitwerking wordt verwezen naar bijlage 21.

10.6 Samenvatting en conclusies.

Bij de huidige planning bepaalt de planner het capaciteitsbeslag van de produkten. Dit gebeurt echter niet volgens een vaste methode. Alleen de planner weet precies welke maatstaven hij genomen heeft dat resulteerde tot het uiteindelijke capaciteitsbeslag van een produkt.

Groepentechnologie is zodoende een goede filosofie om een structuur aan te brengen in het vaststellen van het capaciteitsbeslag van produkten.

Van de besproken methoden om GT aan te pakken is de klustering methode in tegenstelling tot de K&K methode redelijk eenvoudig in te voeren in een distributie omgeving. Het biedt dezelfde voordelen van de GT zonder dat een K&K-systeem hoeft te worden ingevoerd. Dit omdat niet alle voor de distributie planning beschikbare informatie betreffende gedetailleerde kenmerken van een produkt, relevant zijn voor het bepalen van het capaciteitsbeslag van een produkt en de daarmee samenhangende beladingsgraad van een wagen.

Binnen het klustering probleem leent zich met name de matrix formulering erg goed voor de eenheden toewijzing aan produkten. Een matrix formulering stelt de planner in staat om aan de hand van een vaste oplossings procedure de produkten op een efficiënte manier te groeperen en toe te wijzen aan hun werkelijke capaciteitsbeslag.

Hoofdstuk 11.

Conclusies en aanbevelingen.

In het onderzoek is antwoord gegeven op de vraag of het beladingsprobleem van een heterogeen produktenpakket zodanig ondervangen kan worden, dat het mogelijk is de huidige handmatige planning van NDC-Utrecht te ondersteunen middels het rittenplanningspakket CAR.

Dat de huidige handmatige planning niet optimaal functioneert blijkt uit een aantal knelpunten die gesignaleerd zijn:

Kosten.

Bij het plannen is er onvoldoende overzicht met betrekking tot de afstand en tijd die benodigd is om een rit te voltooien.

Beladingsgraad.

Er zijn een aantal knelpunten die het vaststellen van de beladingsgraad bemoeilijken: heterogeen produktenpakket, werken met onnauwkeurige (fictieve) maten en de combinatie van produkten in één vrachtwagen.

Tijdvensters.

Voor de planning is het niet mogelijk rekening te houden met welk soort tijdvensters dan ook.

Rijvolgorde.

Bij het bepalen van de gevoelsmatig optimale rijvolgorde van een rit, zijn de overige ritten reeds vastgelegd. Het is niet meer mogelijk orders te heralloceren over de onderlinge ritten.

Geautomatiseerde rittenplanning.

Met de geautomatiseerde rittenplanning kan de betrouwbaarheid en snelheid van het plannen van ritten sterk verbeterd worden. In een praktijktest¹ werden geautomatiseerde rittenplanningspakketten vergeleken met handmatige planners. Aan de hand van de gevonden resultaten bij de testritten, werd het volgende geconcludeerd: door te werken met een geautomatiseerd rittenplanningspakket kan een aantal gereden kilometer besparing verwacht worden die ligt tussen de 10% (ondergrensindicatie) en 30% (bovengrensisindicatie). Dit kan uiteindelijk een verwachte kostenbesparing opleveren van zeker 10%.

Bij een geautomatiseerd rittenplanningspakket draagt de computer oplossingen aan terwijl de planner bezig is het gehele oplossingsproces on-line te sturen. CAR is zo'n on-line te sturen rittenplanningspakket.

¹ Geautomatiseerde ritplanning, grote kostenbesparing lijkt mogelijk; Beroepsvervoer, nr.44, 31 oktober 1991.

Door de flexibiliteit van een interactief systeem (mens-machine interactie) kan de praktische complexiteit van een rittenplanningsprobleem aanzienlijk verkleint worden. Enkele praktische aspecten van een rittenplanningsprobleem waarbij dit essentieel is, wordt hieronder beschreven:

- Capaciteitsrestricties en tijdsrestricties hebben een zekere flexibiliteit.
- Door een controle over het oplossingsproces toe te staan, is het goed mogelijk de ritten van dag tot dag niet al te veel te laten verschillen.
- De mogelijkheid om beter te kunnen insprijngen op onverwachte gebeurtenissen.
- Naast de voor de hand liggende criteria van afstand, tijd en benuttingsgraad zijn er ook andere doelstellingsfuncties, die moeilijk precies te definiëren zijn maar, die een belangrijke rol spelen bij planningsbeslissingen (bijvoorbeeld: gelijke werkverdeling voor chauffeurs, voorkeuren van de chauffeurs, etc.).

Ondanks deze voordelen van CAR moet onderkend worden dat CAR niet meer is dan een hulpmiddel om het plannen van ritten te vergemakkelijken.

Dat aan het pakket CAR ook nadelen zijn verbonden blijkt uit het volgende:

CAR houdt geen rekening met een heterogeen produktenpakket. Dit blijkt uit het volgende knelpunt dat signaleerd is:

Capaciteitsbeslag.

Het capaciteitsbeslag wordt in CAR rechtlijnig doorberekend op basis van één ladings eenheid (één equivalente maat). Deze equivalente maat wordt voor alle produkten gehanteerd.

Ondanks dit knelpunt voor het werken met een heterogeen produktenpakket, valt CAR in elke distributie planning omgeving te implementeren, mits hiervoor een geschikte oplossing gehanteerd wordt.

Een van de conclusies uit het onderzoek is dat met behulp van ladingsequivalenten dit beladingsprobleem ondervangen kan worden. Voor NDC-Utrecht betekent dit dat de huidige equivalente maat 'eenheden' het beste toegepast kan worden.

Daarnaast kan geconcludeerd worden dat met behulp van CAR de huidige handmatige rittenplanning verbeterd en de werkdruk² verminderd kan worden. Dit als gevolg van een tijd en distributie kosten besparing die het werken met een geautomatiseerde rittenplanning met zich meebrengt.

Dat CAR vrij eenvoudig in de huidige planning valt te implementeren en het gebruik ervan voldoende voordelen biedt, rechtvaardigen de investering.

² Graadmeter voor de hoeveelheid werk die in een bepaalde tijdseenheid moet worden verricht.

Aanbevelingen.

Betrokkenheid gebruikers.

Bij de implementatie van het rittenplanningspakket CAR zullen gebruikers betrokken moeten worden. Een goede begeleiding is van groot belang voor een goed gebruik van het systeem. Betrokkenheid van gebruikers verhoogt de acceptatiegraad van zo'n nieuw systeem. Deze betrokkenheid kan op twee wijzen gerealiseerd worden. Allereerst door een goede voorlichting: medewerkers dienen op de hoogte te zijn van veranderingen die gaan plaats vinden, zodat ze zich hierop kunnen voorbereiden. Daarnaast moeten gebruikers direct bij het veranderingsproces betrokken worden zodat geprofiteerd kan worden van hun specifieke kennis.

Gefaseerde implementatie.

Het verdient aanbeveling om implementatie gefaseerd te laten verlopen. CAR is een pakket dat zich leent om via een aantal fasen in gebruik te worden genomen. Zo kan bijvoorbeeld begonnen worden om de planlijst in het begin als hulpmiddel te blijven gebruiken. Daarnaast bestaat de mogelijkheid in CAR om gebruik te maken van de reeds bestaande regio's die de huidige planning momenteel hanteert. Het leereffect wat naar aanleiding hiervan ontstaat kan gebruikt worden bij verdere implementatie.

Basisgegevens.

De beladingsgraad van een rit wordt vastgesteld aan de hand van de equivalente maat eenheden. Om dit zo optimaal mogelijk te doen, dienen de eenheden correct te zijn toegewezen aan produkten en vrachtwagens.

Hiervoor wordt vereist dat de volgende basisgegevens goed gedefinieerd zijn:

1. De exacte afmetingen van de eenheidsmaat, die als uitgangspunt is genomen voor één eenheid.
2. De afmetingen (lengte * breedte * hoogte) per produkt. Consequent dezelfde volgorde aanhouden.
3. De juiste produkten in de juiste artikelgroepen indelen en de volume-range (in m3) van de artikelgroepen goed weergeven.
4. De afmetingen van de verschillende vrachtwagens.

Verbeteringen.

Naast het werken met de equivalente maat eenheden kan ook rekening worden gehouden met de 'loading sequence' van orders inplannen. Hierbij is het mogelijk de beladingsgraad te verbeteren. Daarnaast kan een verbetering worden aangebracht in de huidige werkwijze van eenheden toekenning aan produkten. Door een gedetailleerde en gestructureerde toewijzing wordt een realistisch beeld gecreëerd betreffende het 'werkelijk toegekende' capaciteitsbeslag van produkten.

Dit is te rechtvaardigen omdat er bijvoorbeeld grote verschillen bestaan tussen de onderlinge motorkrachten. Zodoende is het niet vanzelfsprekend dat alle krachten consequent hetzelfde capaciteitsbeslag krijgen toegewezen.

In deze context valt dan ook de filosofie achter Groepentechnologie (GT) goed te implementeren. Van de verschillende methoden om GT aan te pakken geniet de klusteringsmethode hierbij duidelijk de voorkeur. Met name de matrix formulering van het klustering probleem stelt de planner in staat om aan de hand van een vaste oplossingsprocedure de produkten op een efficiënte manier te groeperen en toe te wijzen aan hun werkelijke capaciteitsbeslag.

Technische hulpmiddelen.

Bij de volgende stap valt te denken aan hoe de beladingsgraad verder te verbeteren is met behulp van eventuele technische hulpmiddelen.

Zo mag er bijvoorbeeld op een pallet vaak meer dan alleen kleingoed worden geplaatst, zolang het volgende maar geldt:

1. de produkten op de pallet het gewicht aankunnen;
2. de pallet vlak is;
3. de pallet niet te hoog is.

Nu kun je het eerste en het tweede punt eenvoudig verbeteren door bijvoorbeeld een plaat hardboard, met dezelfde afmetingen als de pallet, boven op de produkten te plaatsen. Zo wordt het gewicht van zwaardere produkten, die je eventueel bovenop wilt plaatsen, beter verdeeld. Dit houdt tevens in dat de loodsmedewerkers de pallets zo vlak mogelijk dienen te stapelen.

Hetzelfde zou kunnen gebeuren indien je op een krat van een motorfiets, een zware wasmachine wilt plaatsen. Het gewicht vormt geen knelpunt, alleen de afmetingen komen vaak niet overeen waardoor de drukpunten anders komen te liggen. Deze kunnen echter met behulp van zo'n plaat beter verdeeld worden.

Als tweede aanbeveling valt te denken aan de losse houten randen (ongeveer 30 centimeter hoog) van Van Gend & Loos die je op de pallets kunt plaatsen. Deze randen kun je willekeurig hoog maken. Verdeel de pallets onder in bijvoorbeeld de volgende twee klassen:

- | | |
|------------|---|
| 1e klasse: | pallets met een hoogte kleiner dan 1 meter; |
| 2e klasse: | pallets met een hoogte groter dan 1 meter. |

Zodoende kan er onderscheid worden gemaakt voor wat betreft het toewijzen van het aantal eenheden. Zo gebruik je bijvoorbeeld voor de 1e klasse ten hoogste twee randen (indien nodig) en plaatst hier een plaat hardboard bovenop. Dit brengt de volgende voor- en nadelen met zich mee:

Voordelen:

- a. Boven op de pallet valt nu een veel groter assortiment produkten te plaatsen, ongeacht hun gewicht en de kwetsbaarheid van de produkten op de pallet. (Minder knelpunt)
- b. De randen kunnen, net als de huidige pallets, gehuurd worden bij Van Gend & Loos.

Nadelen:

- a. De randen nemen opslagruimte in beslag in de loods.
- b. De randen dienen mee teruggenomen te worden door de chauffeurs. Neemt extra tijd in beslag.
- c. De chauffeurs kunnen het aantal colli op de pallet moeilijker controleren.
- d. De loodsmedewerkers dienen de houten randen, net als het hardboard erop te plaatsen. Neemt extra tijd in beslag.
- e. De loodsmedewerkers moeten de planner mededelen in welke klasse een pallet valt. Terugkoppeling.

Op de 2e klasse pallets hoeven geen randen resp. hardboard geplaatst te worden. Deze pallets zijn te hoog en, indien mogelijk, kan er alleen nog maar kleingoed bovenop geplaatst worden.

CAR.

Het verdient aanbeveling om kleine oneffenheden, die het plannen met CAR minder realistisch maken, weg te werken. Te denken valt aan het mogelijke verschil tussen het afleveradres en het factuuradres. Koppel de postcodes aan het afleveradres, bijvoorbeeld het adres op de vrachtbrief, en niet aan het factuuradres. Daarnaast komen enkele chauffeurs voorladen. Dit houdt in dat ze hun rit niet vanaf het depot starten. Leg de adressen van die chauffeurs vast in CAR en beschouw het als een extra afleveradres danwel als een subdepot.

Dit alles zorgt ervoor dat het plannen met CAR een realistischer beeld weergeeft.

Indien de planning besluit te gaan werken met de reeds bestaande regio's van de huidige planning, verdient als aanbeveling de regio's niet te groot te kiezen en met minstens zoveel vrachtwagens (kiempunten) te starten als dat er regio's gedefinieerd zijn.

Bibliotheek K. U. Brabant



17 000 01074081 0