

Efficiëntieverhoging aan een havenkade door een verbetering van toewijzing van aanlegplaatsen.

Bert ADOLF

promotor :
Prof. dr. Gerrit JANSSENS

VOORWOORD

Deze eindverhandeling vormt het sluitstuk van mijn opleiding tot Handelsingenieur, optie Operationeel Management en Logistiek, aan de faculteit Toegepaste Economische Wetenschappen van de Universiteit Hasselt.

De titel van deze eindverhandeling luidt: ‘efficiëntieverhoging aan een havenkade door een verbetering van toewijzing van aanlegplaatsen’. Ik heb gekozen voor dit onderwerp, omdat het nauw aansluit met mijn afstudeerrichting, een vakgebied waar de zoektocht naar efficiëntie en optimalisatie nooit ophoudt.

In dit voorwoord had ik graag mijn oprechte dank geuit naar alle professoren die mij gevormd hebben tot Handelsingenieur, in het bijzonder mijn promotor, Prof. dr. Gerrit K. Janssens, voor de nauwgezette begeleiding en de aangename samenwerking die leidde tot de totstandkoming van deze eindverhandeling.

Verder wil ik mijn familie en vrienden bedanken voor hun onvoorwaardelijke steun en interesse tijdens mijn studentenloopbaan, waardoor ik steeds de motivatie vond om deze opleiding tot een goed einde te brengen.

Bert Adolf
Augustus 2006

SAMENVATTING

De bijdrage van een zeehaven is van cruciaal belang voor de economische kracht van de moderne maatschappij. De haven en zijn infrastructuur kaderen in de geografische omstandigheden die nodig zijn voor de economische ontwikkeling en het welzijn van nationale economieën.

Het aanbod aan maritiem transport, dat de vraag ernaar moet opvullen, wordt bepaald door de capaciteit van de handelsvloot op grond van de maximale capaciteit van de schepen en de prestatie van de vloot.

De zeehaven creëert als schakel in de logistieke ketting een meerwaarde voor een welbepaalde goederenstroom. Dankzij de verbindingen tussen de havens en de uitgebouwde spoor - en snelwegssystemen kunnen containers beter van de ene modus naar de andere worden getransfereerd.

Door de groeiende globalisering zijn havenuitbreidingen noodzakelijk. Technologische ontwikkelingen zoals de toename van containervervoer, grotere schepen en een snellere behandeling hebben de technische efficiëntie doen toenemen. Om als haven te concurreren, moet dan ook gefocust worden op die efficiëntie. Hier manifesteert zich een nauwgezette planning in tijd, vervoermiddelen, laad – en losmogelijkheden en in douanebehandeling.

Het planningsgegeven is onmisbaar in het logistieke gebeuren. In de haven dient een toewijzingsplanning van aanlegplaatsen aan inkomende schepen als ondersteuning bij het nemen van beslissingen. De turn-around-time van een schip, i.e. het wachten op een vrijgekomen aanlegplaats, het laden en het lossen van containers, wordt hierin gezien als één van de belangrijkste prestatiemetingen bij havenoperaties. De uitbater van een haven, de havenoperator, heeft dan ook als hoofddoel, de maximalisatie van de trafiekstromen, in termen van toegevoegde waardecreatie. Het minimaliseren van de wachttijd op een vrij

stuk aanlegruimte speelt hierbij een vitale rol. Daarnaast wordt er ook naar gestreefd dat schepen zo dicht mogelijk bij hun meest gewenste aanlegplaats worden aangelegd. De behandelingstijd wordt namelijk afhankelijk gesteld van de afstand van het aangelegde schip tot de containerlocatie, de yard, van waaruit of waarin containers moeten geladen of gelost worden.

Aanlegplanning betreft volgens de managers van containerterminals een complexe aangelegenheid en vormt een kritiek punt alvorens een schip kan geladen of gelost worden. Omdat weinig land overblijft om havens uit te breiden is er nood aan alternatieve capaciteitsuitbreiding. Door middel van software kunnen optimale oplossingen worden verkregen, die dienst kunnen doen als basis voor het nemen van beslissingen betreffende aanlegplanning.

In hoofdstuk IV worden drie bestaande modellen geëvalueerd. Deze modellen werden in het verleden door academici ontwikkeld om de efficiëntie van het toewijzen van aanlegplaatsen trachten te verbeteren. Het gaat telkens om programmeringen, al dan niet lineair, die kaderen in het vakgebied van het operationeel onderzoek.

Eerst wordt het statische planningsprobleem besproken. Hierbij wordt verondersteld dat alle schepen reeds aangekomen zijn nadat de beschikbare aanlegplaatsen zijn vrijgekomen. Om het model concreter voor te stellen, wordt het geïllustreerd door middel van een toepassing. Vervolgens wordt een dynamisch model besproken. Nu is de veronderstelling, dat schepen wel nog kunnen aankomen, nadat de aanlegplaats vrijgekomen is. Ook dit model wordt getest door middel van een voorbeeld. Op basis van de resultaten die de modellen voorleggen, worden ze beiden geëvalueerd.

Het dynamische model wordt nog uitgebreid worden met een prioriteitsmaatstaf, die kan worden toegewezen aan schepen met bepaalde fysieke kenmerken (klein, groot, in functie van capaciteit, enz.). Door het toevoegen van nieuwe parameters worden de modellen heel wat complexer, maar wordt de realiteit beter benaderd.

Op het einde van de eindverhandeling worden nog enkele algemene conclusies geformuleerd.

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD

SAMENVATTING

HOOFDSTUK I PROBLEEMSTELLING EN ONDERZOEKSOPZET - 1 -

1.1 Probleemstelling - 1 -

1.1.1 Omschrijving en situering praktijkprobleem - 1 -

1.1.2 Formulering van de centrale onderzoeksvraag - 1 -

1.1.3 Formulering deelvragen - 2 -

1.2 Onderzoeksopzet - 2 -

HOOFDSTUK II BEKNOPTE OMSCHRIJVING VAN HET MARITIEME

TRANSPORT - 4 -

2.1 De meerwaarde van een haven - 5 -

2.2 Het maritieme transport met een macro-economische kijk - 6 -

2.3 De haven en logistiek - 6 -

2.4 Behoeftte aan planning in het logistiek gebeuren - 8 -

2.5 Havenuitbreiding als gevolg van de groeiende globalisering - 10 -

2.6 De nood aan efficiëntie in de werking van een haven - 13 -

2.7 Simulaties als basis voor een beslissingsondersteunend systeem - 14 -

HOOFDSTUK III OMSCHRIJVING VAN HET LOGISTIEKE PROCES EN

DOELSTELLINGEN VOOR HET PLANNINGSMODEL - 17 -

3.1 Logistieke proces - 17 -

3.2 Terminalstructuur - 19 -

3.3 Doelstellingen voor het planningsmodel - 20 -

3.3.1 Maximalisatie van het gebruik van de aanlegruimte - 21 -

3.3.2	<i>Minimalisatie van de totale wachttijd</i>	- 22 -
3.3.3	<i>Minimalisatie van de gewogen wachttijd</i>	- 22 -

**HOOFDSTUK IV THEORETISCHE UITEENZETTING VAN DE
PLANNINGSMODELLEN EN ILLUSTRERENDE TOEPASSINGEN..... - 25 -**

4.1	<i>Probleemschets</i>	- 26 -
4.1.1	<i>Layout van de terminal</i>	- 26 -
4.1.2	<i>Behandelingstijd van schip j op aanlegplaats i</i>	- 26 -
4.1.3	<i>Werkwijze</i>	- 27 -
4.2	<i>Het statische planningsprobleem voor de toewijzing van aanlegplaatsen</i>	- 28 -
4.2.1	<i>Formulering</i>	- 28 -
4.2.2	<i>Toepassing op het statische planningsprobleem voor de toewijzing van aanlegplaatsen</i>	- 30 -
4.2.3	<i>Resultaten</i>	- 31 -
4.2.3.1	<i>Planning op één aanlegplaats</i>	- 31 -
4.2.3.2	<i>Planning op twee aanlegplaatsen</i>	- 32 -
4.2.3.3	<i>Planning op drie aanlegplaatsen</i>	- 33 -
4.2.3.4	<i>Planning op vier aanlegplaatsen</i>	- 34 -
4.3	<i>Het dynamische planningsprobleem voor de toewijzing van aanlegplaatsen</i>	- 36 -
4.3.1	<i>Formulering</i>	- 36 -
4.3.2	<i>Interpretatie van de formulering</i>	- 37 -
4.3.3	<i>Toepassing op het dynamische planningsprobleem voor de toewijzing van aanlegplaatsen</i>	- 39 -
4.3.4	<i>Resultaten</i>	- 40 -
4.3.4.1	<i>Planning op één aanlegplaats</i>	- 40 -
4.3.4.2	<i>Dynamische aanlegplanning op twee aanlegplaatsen</i>	- 41 -
4.3.4.3	<i>Dynamische aanlegplanning op drie aanlegplaatsen</i>	- 43 -
4.3.4.4	<i>Aanlegplanning op vier aanlegplaatsen</i>	- 45 -
4.4	<i>Het dynamische planningsprobleem, rekening houdend met prioriteiten</i>	- 48 -
4.4.1	<i>Formulering</i>	- 48 -

4.4.2	<i>De doelfunctie (11)</i>	- 49 -
4.4.3	<i>Toepassing op het planningsprobleem met prioriteiten</i>	- 50 -
4.4.4	<i>De adjacent – interchange omgeving</i>	- 52 -
4.4.5	<i>Hogere prioriteit aan schepen met grotere containervolumes ($\alpha_j = CV^2$)</i>	- 53 -
4.4.5.1	<i>Aanlegplanning op één aanlegplaats</i>	- 53 -
4.4.5.2	<i>Aanlegplanning op twee aanlegplaatsen</i>	- 55 -
4.4.5.3	<i>Aanlegplanning op drie aanlegplaatsen</i>	- 58 -
4.4.6	<i>Hogere prioriteit aan schepen met kleinere containervolumes ($\alpha_j = 1/CV^2$)</i>	- 63 -
4.4.6.1	<i>Aanlegplanning op één aanlegplaats</i>	- 63 -
4.4.6.2	<i>Aanlegplanning op twee aanlegplaatsen</i>	- 64 -
4.4.6.3	<i>Aanlegplanning op drie aanlegplaatsen</i>	- 66 -
4.5	<i>Totaaloverzicht van de resultaten</i>	- 69 -

HOOFDSTUK V CONCLUSIES EN SUGGESTIES VOOR BIJKOMEND

ONDERZOEK	- 71 -
5.1	<i>Conclusies</i>	- 71 -
5.2	<i>Suggesties voor bijkomend onderzoek</i>	- 73 -

Lijst van de geraadpleegde werken

Lijst van figuren

Lijst van tabellen

BIJLAGEN

HOOFDSTUK I PROBLEEMSTELLING EN ONDERZOEKSOPZET

1.1 Probleemstelling

1.1.1 Omschrijving en situering praktijkprobleem

Havens en hun infrastructuren vormen een onmisbaar element in het goed functioneren van de toenemende globalisering van de handel. In de voorbije decennia werd deze groei – gestimuleerd door de stijging van het containervervoer – vooral beantwoord met de fysieke uitbreiding van de havens en met de automatisering van productieprocessen.

Doordat de ruimte voor fysieke capaciteitsuitbreiding steeds beperkter wordt, zal in de toekomst meer aandacht dienen te worden besteed aan het verbeteren van de interne processen. Als schakel in de logistieke keten is het genoodzaakt dat de haven streeft naar het zo efficiënt mogelijk werken binnen haar eigen infrastructuur. De containervracht van een schip doorloopt binnen de haveninfrastructuur verschillende stappen. Door middel van een vrachtschip komt de vracht aan in de haven. Dit schip dient vervolgens te worden aangelegd op een stuk aanlegruimte langs de kade waarop de containeryards zich bevinden. De vracht moet vervolgens van het schip worden afgeladen en worden opgeslagen op een bepaalde plaats binnen de containeryard. Opdat de vracht zo snel mogelijk van het schip naar de bestemde containeryard wordt gebracht, dient ook de toewijzing van aanlegruimte efficiënt te gebeuren.

1.1.2 Formulering van de centrale onderzoeksvraag

Een schip komt aan in een haven, dient te worden aangelegd, containers worden van het schip afgeladen, andere containers worden ingeladen en het schip verlaat zijn aanlegplaats en de haven. Wanneer schepen willekeurig aankomen en achtereenvolgens worden behandeld, dreigt een mate van congestie, die kan resulteren in lange wachttijden voor elk schip.

Deze bedenking geeft aanleiding tot de centrale onderzoeksvraag:

Op welke manier(en) kunnen aanlegplaatsen binnen een containerterminal efficiënt worden toegewezen aan schepen?

1.1.3 Formulering deelvragen

Om de structuur in het denkpad te bewaren kunnen deelvragen worden geformuleerd, die de centrale onderzoeksvraag ondersteunen. Op die manier kan het praktijkprobleem met een helder vizier onderzocht worden.

- Welke rol speelt de haven in het gebeuren van de logistiek als basis van de wereldwijde handel?
- Welke zijn de factoren die de haven succesvol maken als schakel binnen de logistieke keten?
- Hoe kan efficiëntie binnen een havensysteem ingebouwd worden?
- Met welke parameters dient rekening gehouden te worden bij het beschouwen van de aanlegplanning van schepen?
- Op welke manier kunnen deze parameters samen geïntegreerd worden?

1.2 Onderzoeksopzet

De waaier aan beschikbare literatuur over havenwerking is breed. Een meer genuanceerd onderwerp als aanlegplanning is echter minder vaak beschreven. Bij dit onderwerp moest vooral worden teruggegrepen naar wetenschappelijke artikels. De meer algemene literatuur

over de havenwerking dient vooral als illustrerende aanvulling op de wetenschappelijke artikels.

Het onderzoek bestaat uit drie hoofdstukken waarin bevindingen uit de literatuur worden gekoppeld aan illustrerende toepassingen.

In het eerste hoofdstuk wordt beschreven hoe de haven geëvolueerd is naar haar hedendaagse rol. Meerbepaald wordt beschreven hoe zij zal moeten evolueren, wil zij beantwoorden aan de economische realiteit.

Het tweede hoofdstuk beschrijft beknopt het logistieke proces binnen de haveninfrastructuur vanaf de aankomst van het schip bij de haven tot het verlaten van de haven. Ook de infrastructuur van de containerterminal wordt kort besproken. Daarnaast wordt een denkpad beschreven naar de juiste doelstelling bij het plannen van de toewijzing van aanlegplaatsen.

Het derde hoofdstuk beschrijft drie verschillende planningsmodellen waarin optimalisatie wordt beoogd. Het tweede model houdt een aanvulling in op het eerste model, terwijl het derde model een aanvulling betreft op het tweede model. Bij elk model wordt een illustrerende toepassing toegevoegd. Bij de eerste twee modellen wordt een optimalisatie via lineaire programmering uitgevoerd met behulp van een optimalisatie - software. Het derde model optimaliseert een kwadratische doelfunctie. In dit model wordt een beperkte omgeving gecreëerd om dit model te kunnen evalueren en te zoeken naar betere oplossingen.

Tenslotte worden de resultaten van de drie modellen vergeleken en besproken.

HOOFDSTUK II BEKNOPTE OMSCHRIJVING VAN HET MARITIEME TRANSPORT

In de eerste paragraaf van dit hoofdstuk wordt de bijdrage van een zeehaven tot de economische kracht van een maatschappij beschreven. Hierin kadert tevens de invloed van geografische omstandigheden op de economische ontwikkeling en het welzijn van nationale economieën.

De tweede paragraaf bespreekt kort het maritieme transport en op welke wijze de vraag ernaar en het aanbod ervan kan worden achterhaald.

De derde paragraaf handelt over de complementariteit tussen de haven en de logistiek en over hoe de haven een meerwaarde kan creëren als logistieke schakel voor een welbepaalde goederenstroom.

Vervolgens wordt getracht de essentiële aanwezigheid van het planningsgegeven in het logistieke gebeuren aan te tonen. Het belang van allocatieplanning van schepen aan aanlegplaatsen als beslissingsondersteunend systeem (decision support system) wordt daarbij kort gestaafd.

Een beknopte uiteenzetting van de groeiende globalisering fungeert in paragraaf vijf als verklaring voor de evolutie in havenuitbreiding. Enkele indicatoren voor het groeifenomeen dienen hierbij als verduidelijking.

Aansluitend volgt een blijk van erkenning voor de nood aan een efficiënte werking binnen de haven. Deze noodzaak wordt vooral in de hand gewerkt door de concurrentie tussen de containerterminals.

Tot slot wordt de nood aan software geopperd om in de toekomst als basis te fungeren voor beslissingen betreffende aanlegplanning.

2.1 De meerwaarde van een haven

Havens zijn meer dan zomaar aanlegkades, dokken en sluizen. Meer dan 90% van de internationale cargo beweegt tussen de havens (Winkelmans, 2002). De belangrijkste functie van een haven is die van transport, waarbij de overslag en doorvoer van goederen gebeurt. De overslag gebeurt in of uit andere vervoermodi of opslagplaatsen en door middel van aanwezige faciliteiten (de Weerdt, 1990: 97).

Het belang van de aanwezigheid van havens werd reeds beschreven door Adam Smith (1776), die in de zeehavens één van de stappen naar economische groei en welzijn zag. In zijn publicatie “The Wealth of Nations” (Smith, 1776) meent hij dat de economische kracht van een kapitalistische maatschappij in de verdeling van de arbeid ligt. De mate waarin dit gebeurt, hangt vooral af van de grootte van de markt. Havens spelen volgens Smith een cruciale rol in het vergroten van die markt door het voorzien van infrastructuur voor goedkoop transport (Haezendonck, 2001). Door de groei van de markt werd in de loop van de jaren negentig een herstructurering van de havens doorgevoerd als gevolg van het veranderende economische klimaat: versnippering van de internationale handelscentra, versnelde internationalisering van de productie- en consumptieprocessen en nieuwe eisen ten aanzien van de wereldhandel op het gebied van vervoer en distributie. De havenautoriteiten werden daarom verplicht om nieuwe managementmethoden aan te nemen die de havens en de markt dichter bij elkaar konden brengen (Lagneaux, 2004).

Recent werd onderzocht in welke mate geografische omstandigheden bijdragen tot de economische ontwikkeling en het welzijn van nationale economieën. De conclusie was dat de toegankelijkheid tot een zeehaven minstens de helft van de inkomenskloof tussen arme en rijke naties kon verklaren. Landen kennen een groeiende welvaart wanneer zij voortdurend specialiseren in bepaalde domeinen en daarnaast een beroep doen op andere landen voor producten die ze niet maken. Handel tussen de landen moet dit vergemakkelijken. Daarom is de nabijheid van havens en bevaarbare waterwegen zo belangrijk (Gallup en Sachs, 1998: 43).

2.2 *Het maritieme transport met een macro-economische kijk*

De economie van het maritieme transport is een domein van de transporteconomie, op de grens van twee vakgebieden: de economie en de burgerlijke bouwkunde. De transporteconomie wijkt af van de andere takken van de economische wetenschap omdat ze rekening houdt met de ruimtelijke dimensies van de activiteit, die kosten vertegenwoordigen. Die kosten zijn verbonden aan de structuur van de netwerken die de producenten en de consumenten gebruiken, evenzeer als aan het profiel van het aanbod van en de vraag naar een bepaald goed. De transportkosten verschillen volgens de werelddelen en de snelheidsvereisten (bvb. lean production, just – in – time, enz.). De aan het transport verbonden economische problemen zijn dus complex en vormen een uitdaging voor een groot aantal actoren: ontwerpers van voertuigen, energieproducenten, overheden. Op Europees vlak past de verbetering van auto -, spoor - en waterwegen trouwens in een streven naar structurele ontwikkeling van de minst gevorderde regio's. Dat beleid is dus op de lange termijn gericht (Lagneaux, 2004).

Verschillende wiskundige modellen van de maritieme activiteit werden uitgewerkt, waaronder het « Ship market modelling », aan de hand waarvan het vraag - en aanbodschemata kan worden toegepast op het bijzondere geval van de zeevaart. De vraag aan maritiem transport, gemeten in ton * km, wordt bepaald via de tonnage aan te vervoeren goederen en de af te leggen afstand per ton. Het aanbod aan transportcapaciteit, gemeten in ton goederen * km, wordt bepaald via de capaciteit van de handelsvloot op grond van de maximale capaciteit van de schepen en de prestatie van de vloot, met andere woorden de gemiddelde tonnage vermenigvuldigd met de gemiddelde per jaar afgelegde afstand, rekening houdend met de maximale capaciteit van de schepen (Stopford, 1997: 515-516).

2.3 *De haven en logistiek*

De mens wil zijn doelen realiseren met steeds minder geld en minder inspanning. Dit uitgangspunt wordt consequent nagestreefd. Zo worden machines steeds geraffineerder en zijn

robots en volledige automatisering bij productieprocessen volstrekt normaal. Diegenen die als eerste nieuwe processen toepasten, maakten aantrekkelijke winsten. Na verloop van tijd ontstond opnieuw een hevige concurrentie tussen de verschillende marktspelers. Één sector bleef echter buiten schot, namelijk de goederenstroom van grondstof tot eindproduct. De vervoersstroom omvatte een relatief klein kostenaandeel en zorgde daarmee voor een groot aandeel van de toegevoegde waarde in de netto-omzet. Door steeds efficiënter te vervoeren konden gouden zaken gedaan worden. Op die manier werd de logistiek herontdekt (de Weerdt, 1990: 182-183).

Tegelijkertijd verdween de perceptie van individuele havens als natuurlijke poorten tot het exclusieve hinterland, dankzij de verbindingen tussen havens en de uitgebouwde spoor- en snelwegssystemen, samen met het fysieke gemak waarmee een container van de ene modus naar de andere kon worden getransfereerd. *“Container shipping is now a door-to-door business from the point of production to the point of consumption, with the shipping lines largely in control of the routing of cargo”* (Newman en Walder, 2003: 153).

Het havenproduct kan beschouwd worden als een keten van opeenvolgende schakels, terwijl de haven in zijn geheel ook een schakel vormt in een globale logistieke keten. Het relatieve belang van de afzonderlijke schakels is wel veranderd door verschillende technologische ontwikkelingen (o.a. de toenemende graad van containerisatie, de schaalvergroting van de schepen en de snellere behandeling) die de technische efficiëntie hebben doen toenemen (Haezendonck et al., 1999: 15).

Een haven behoort dus - en draagt effectief bij - voor een welbepaalde goederenstroom tot een succesvolle keten, of niet. *“Any improvement in the economic efficiency of a seaport will enhance economic welfare by increasing the producers’ surplus for the originators of the goods being exported and the consumers’ surplus for the final consumers of the goods being imported”* (Goss, 1990, p. 211). Havens hebben dus een duidelijke stimulans om continu hun ‘product’ te verbeteren. Anders geformuleerd komt de economische functie van de zeehavens neer op *“to benefit those whose trade passes through them, i.e. through providing increment to consumers’ and producers’ surpluses”* (Goss, 1990: 207).

De problematiek van havenconcurrentie handelt niet zozeer over de concurrentie tussen individuele havens, maar wel over de concurrentie tussen logistieke ketens (Meersman, Steensens en Van de Voorde, 1997).

Wanneer hierin het verschil in havenefficiëntie, i.e. efficiëntiewijzigingen of efficiëntieverschillen tussen havens onderling, achterhaald dient te worden, stelt zich de nood aan inzicht in de gegeneraliseerde kost (de out-of-pocket-kosten, de tijdskosten, de risico's van verlies-schade-vertraging) van een bepaalde haven, en de invloed ervan op de havenkeuze (Jansson en Shneerson, 1982: 9).

2.4 *Behoeftte aan planning in het logistiek gebeuren*

De logistiek heft de eeuwenoude scheiding op tussen productie en transport. Diensten zijn misschien geen tastbare goederen, maar zij worden in toenemende mate als 'product' erkend en behandeld. Bij de ontwikkeling van nieuwe schepen en de organisatie van het vrachtvervoer over zee wordt in toenemende mate rekening gehouden met de logistieke eisen die de klanten aan dit 'product' stellen (de Weerdt, 1990: 186).

Een ragfijne planning in tijd, in vervoermiddelen, in laad - en losmogelijkheden, in douanebehandeling, enz. manifesteert zich, dit om alles vlot te laten verlopen. Improvisatie wordt vaak nog toegepast, hoewel dit concept eigenlijk niet thuishoort in het uitvoeren van een efficiënte logistiek. De logistieke aanpak streeft er naar om alle activiteiten in de vervoersketen op elkaar af te stemmen en te integreren. De effecten van deeltrajecten dienen doorgerekend te worden in de totale keten, dus van suboptimalisatie mag geen sprake zijn (de Weerdt, 1990: 183-184). Het vrachtvervoer vanaf de havenkade naar de klant kan bijvoorbeeld niet de enige prioriteit zijn. Ook de aankomst, het aanleggen en het behandelen van het vrachtaanvoerend schip moet zo optimaal mogelijk verlopen.

Wanneer een schip aankomt, moet het worden toegewezen aan een aanlegplaats langs de kade. Het objectief bestaat erin, dat een aankomend schip een optimale positie toegewezen wordt, i.e. waarbij kosten worden geminimaliseerd (Frankel, 1987).

Volgens Nishimura et al. (2001), speelt de allocatie van aanlegplaatsen een vooraanstaande rol in het minimaliseren van de *turn – around – time* van een containerschip. Deze tijdspanne omvat het wachten van een schip op een toegewezen aanlegplaats en de daaropvolgende behandeling van het schip, i.e. het laden en het lossen van vracht. De *turn – around – time* is één van de belangrijkste prestatiemetingen die in havenoperaties gebruikt worden (Nishimura et al., 2001).

Voor de klanten van een containerterminal, de scheepseigenaars en de verschepers, is het van cruciaal belang om de *turn-around-time* te minimaliseren, i.e. het wachten, het laden en het lossen van containers moet snel gebeuren, om terminalkosten te besparen (Henesey et al., 2004). Een schip brengt ongeveer 60% van zijn tijd door in een haven met een dagelijkse kost van 65000 Amerikaanse dollar (Kia et al., 1999). Om die tijd te verkorten, geven terminaloperatoren speciale aandacht aan de toewijzing van middelen en de toewijzing van aanlegplaatsen aan schepen.

De heer Eric D'Hondt, Business and Operations Planning Manager bij Hesse – Noord Natie Antwerpen, stelt dat bij de groei van de containerschepen, de productiviteit van de aanlegplaats ook steeds belangrijker wordt, zodat de containerschepen aan hun vaarschema's kunnen voldoen. Managers van containerterminals menen dat aanlegplanning een complexe aangelegenheid betreft en een kritiek punt is alvorens een schip kan gelost of geladen worden. Vaak verklaren de managers dat zij geen echte tools gebruiken om aanlegplaatsen toe te wijzen aan schepen. Het gaat eerder om ontwikkelde routine, contracten en "rules of thumb". Zij gingen echter wel allemaal akkoord met het feit dat een beslissingsondersteunend systeem positief zou bijdragen tot het bepalen van de toewijzing van de aanlegplaatsen en tot het analyseren van beslissingen en vormen van beleidsvoering (Henesey et al., 2004). In paragraaf 2.7 wordt besproken hoe simulaties van de havenwerking als basis kunnen dienen voor een 'decision support system'.

Door de toenemende complexiteit van operaties binnen containerterminals is het management genoodzaakt beslissingen te nemen betreffende de toewijzing van middelen en de volgorde en timing van operaties. In een containerterminal gebeurt het management vaak gefragmenteerd, met verschillende organisaties die instaan voor verschillende activiteiten binnen de terminal. Managers van containerterminals krijgen daarom te maken met problemen, zoals:

- Gebrek aan planning
- Het gebrek aan systeem in de planning
- Gebrek aan inzicht in terminaloperaties
- Gebrek aan controle – eenheid (Henesey, 2004b)

De ontwikkeling van specifieke afdelingen binnen een container terminal leidt tot specialisering in planning. Zo zijn scheepsplanners, yard planners en resource planners specialisten in planning. Beslissingen die gemaakt worden door het management vragen het begrip van vereisten voor klantenservice, zijnde:

- *Prestatie*, i.e. een snelle turn – around – tijd van het schip
- *Betrouwbaarheid*, i.e. een standvastige en voorspelbare prestatie
- Een *kost*, die competitief en voorspelbaar dient te zijn
- *Kwaliteit*, i.e. geen uitval of schade tijdens operaties
- *Aanpasbaarheid*, i.e. het vermogen van operatoren binnen een container terminal om te onderhandelen en oplossingen voor te leggen voor de planning van scheepslijnen en andere klantenvereisten.

2.5 Havenuitbreiding als gevolg van de groeiende globalisering

In het complexe kader van publieke en private organisaties die op nationaal en lokaal vlak het zeetransport trachten te managen en waarbij gebruikers, operatoren en regulatoren verschillende prioriteiten, behoeftes en procedures vertegenwoordigen, dienen zowel

gebruikers als dienstverleners zich aan te passen aan de technologische veranderingen en de nood aan grootschalige investeringen (Newman en Walder, 2003: 152).

Een belangrijk fenomeen verklaart de toenemende inzet van de haveninfrastructuur: de stijging van het containervervoer. Deze omschakeling beperkt de vervoerskosten aanzienlijk (bijvoorbeeld in vergelijking met bulkgoederen). De belangrijkste oorzaak van deze lage kosten ligt in de snelheid en soepelheid van dit vervoersysteem, en in de schaalvoordelen die het biedt (sommige schepen kunnen tot 10.000 TEU¹ vervoeren). Bovendien is het maritieme vervoer economisch onontbeerlijk voor afstanden van meer dan 1.500 kilometer (Lagneaux, 2004).

In een intermodale omgeving berust het succes van het containervervoer – het toenemende belang – op verscheidene factoren (Lagneaux, 2004):

- containers zijn gemakkelijk hanteerbaar;
- standaardisatie van de transportmiddelen (ISO-normen);
- flexibiliteit in het gebruik en geautomatiseerd beheer;
- geringe kosten (vergeleken met die voor bulk bijvoorbeeld);
- snelheid van overslag;
- gemakkelijke opslag aangezien de container vaak zijn eigen opslagplaats vormt;
- veiligheid (er gaan zeer weinig goederen verloren door schade of diefstal);
- optimaal gebruik van de ruimte (een containerschip heeft een drie – tot zesmaal hogere capaciteit dan een klassiek vrachtschip).

De schijnbaar eenvoudige overgang van general cargo naar gestandaardiseerde containers, gecombineerd met belangrijke verbeteringen in het laden en lossen van schepen, had ook zijn invloed op de scheepseconomie. De tijdspanne waarin een schip in de haven verblijft, werd namelijk sterk gereduceerd. Omdat de schepen groter werden, werden havens genoodzaakt miljarden te investeren in de bouw van nieuwe faciliteiten en in de modernisering van reeds

¹ De term TEU (Twenty feet Equivalent Unit of equivalenten in standaard containers) wijst op een afmeting van 20 voet in lengte voor een container, conform de ISO-standaarden.

bestaande infrastructuur. De sterke stijging is te wijten aan de uitbreidende handel, de nood aan investering in technologische verbetering en grotere vereisten van de scheepslijnen die gebruik maken van de faciliteiten. Gespecialiseerde kranen en uitrusting voor de behandeling van de cargo, de expansie van de aanleg – , de opslag – en de behandelingsruimten zijn slechts minimumvereisten voor het aantrekkelijk maken van havens voor de scheepslijnen. Daarnaast is er nood aan een grotere diepte van kanalen en havens om de nieuwste generatie van schepen te kunnen bedienen (Newman en Walder, 2003: 151-153).

Een sprekend voorbeeld als indicator voor de groei van de handel is de haven van Singapore. Deze haven is de grootste containerhaven in de wereld. Zij vestigde in 2005 een record aan verscheepte tonnage en aan containerdoorvoer. Het containervolume steeg met 8.7 % van 21.3 miljoen TEU in 2004 naar 23.9 miljoen in 2005. De doorvoer van cargo bedroeg 423 miljoen metrieke ton² in 2005, een stijging van 7.6 % ten opzichte van 2004. De totale sloopstonsnage overschreed de grens van 1 miljard voor de tweede maal in de geschiedenis van de haven, met 1.2 miljard ton, 10.5 % meer dan het vorige record van 2004 (Journal of Commerce, januari 2006).

Steeds meer schepen worden gebouwd met een capaciteit die varieert van 5000 tot 8000 TEU. Een studie van De Lloyd n.v. voorspelt zelfs de komst van schepen van 10000 TEU voor 2010 (Heneseey, 2004a).

Capaciteitsuitbreiding is ook nodig om de toename van de vraag op te vangen, die de groeiende wereldhandel jaarlijks met zich meebrengt. Beperkingen zullen in gans het intermodale transportsysteem blijven bestaan, maar door snelle besluitvorming en matiging moet getracht worden om de congestie op iedere plaats in het systeem zo laag mogelijk te houden (Traffic World, februari 2006).

² 1 metrieke ton = 1000 kg

2.6 De nood aan efficiëntie in de werking van een haven

De persoon die een haven uitbaat, de havenoperator, heeft meestal één hoofddoel: het maximaliseren van de behandeling van trafiekstromen in termen van toegevoegde waardecreatie. Op lange termijn wordt gesteld dat de trafiekstroom de beste indicator vormt voor een duurzaam competitief succes (Haezendonck et al., 1999: 10).

Een goed en efficiënt functionerende zeehaven kan voor een regio een belangrijke troef zijn om haar economische positie te verstevigen. Niet enkel genereren de havenactiviteiten zelf toegevoegde waarde en werkgelegenheid, maar een zeehaven kan tegelijkertijd een belangrijke attractiepool zijn voor een breed gamma aan bedrijven. Op hun beurt creëren deze bedrijven werkgelegenheid en toegevoegde waarde aan de regio en bijgevolg heeft de regio belang bij een zo goed mogelijk werkende zeehaven (Haezendonck et al., 1999: 7).

Snelheid wordt gezien als een mate van productiviteit in containerterminals. Met snelheid wordt bedoeld, de snelheid waarin de turn-around van een schip wordt uitgevoerd, de snelheid van uitvoering door de kranen, enz. Andere indicatoren voor de mate van productiviteit zijn de bedieningstijd, i.e. de tijd dat een schip zich op een aanlegplaats bevindt, al of niet in bediening, de gebruikte bedieningstijd in verhouding met de beschikbare bedieningstijd, de tijd dat een schip moet wachten op een beschikbare aanlegplaats en de tijd dat een container in een zeehaven verblijft (Henese, 2004a).

De concurrentie tussen de containerhavens stijgt doordat steeds meer differentiatie bestaat tussen de havens. Managers van containerterminals trachten carriers te lokken door te voorzien in automated handling equipment en allerlei dienstverlening en de snelheid daarvan. Tezelfdertijd houden zij zich ook bezig met het verlagen van de kosten door middelen, zoals human resources, aanlegplaatsen, container yards, kaaikranen, enz. efficiënter te gebruiken (Dai et al., 2003).

Het management wenst de kosten, zowel van de havenoperaties als voor de gebruiker – de klant – , te minimaliseren. Dit gegeven is gerelateerd aan de wachttijden van de schepen.

Vermits de duur van het verblijf van een schip gelijk is aan de som van de procestijd (de bediening) en de wachttijd, is dit een goede indicator voor het meten van de prestaties en voor het evalueren van beslissingen (Cordeau et al., 2001).

Deze overwegingen gelden uiteraard ook voor België, een land dat op handelsvlak grotendeels afhankelijk is van de rest van de wereld, aangezien het land het equivalent van twee derde van zijn bruto binnenlands product uitvoert. Door zijn geografische ligging en zijn plaats in Europa als transitland, zou België waarschijnlijk niet zulke gelijkaardige economische ontwikkeling hebben gekend zonder een uitstekende infrastructuur van verbindingswegen (havens, waterwegen, spoorwegen, verkeerswegen, enz.) (Lagneaux, 2004).

Ondanks de zwakke economie van de laatste jaren kwam de transportsector er relatief beter van af dan de andere sectoren. Ondermeer de havens van Antwerpen en Zeebrugge slaagden zelfs in hun opzet om de activiteiten op peil te houden, dankzij de groeiende containertraffiek (Lagneaux, 2004).

2.7 Simulaties als basis voor een beslissingsondersteunend systeem

Een haven kan gezien worden als een complex systeem waarin verschillende entiteiten interageren. Speciale aandacht dient te gaan naar het modelleren van zulke systemen. Onderzoek en analyse naar de werking van havenactiviteiten dient deze systemen te evalueren en te verbeteren. Iedere analyse heeft betrekking op een specifiek gebied binnen de havenfuncties. Het belangrijkste hulpmiddel dat wordt gebruikt voor zulk onderzoek is simulatie (Hassan, 1993).

Simulatie is een wetenschappelijke methode om te onderzoeken binnen een complexe omgeving. Het is een techniek die een model van een echt systeem opbouwt en uitvoert om het gedrag van het model te bestuderen zonder dat de omgeving van het bestaande systeem verstoord wordt (Hassan, 1993).

Simulatie heeft verschillende doelen (Hassan, 1993):

- bepaalde mechanismen beter begrijpen binnen het bestudeerde proces
- het gedrag van een systeem voorspellen in verschillende omstandigheden
- systemen kunnen ontwerpen en evalueren
- schatten van procesvariabelen die niet direct meetbaar zijn
- systeemgedrag optimaliseren
- op een efficiënte manier fouten binnen een systeem opmerken
- veilige en goedkope training van operatoren

Vele containerterminals bereiken stilaan hun capaciteitslimieten, wat leidt tot verkeer – en havenopstopping (Henesey, 2004b). Vooral in Europa blijft weinig land over om havens uit te breiden. Daarom moet gezocht worden naar alternatieve methoden om de capaciteit in havens te verhogen. Bij gebrek aan “hardware” dient bijgevolg gebruik gemaakt te worden van “software”. Besluitvorming op basis van computerresultaten zal een trend worden in de toekomst, zeker wat betreft het managen van container terminals (Winkelmans, 2002). Computersimulaties kunnen als basis dienen voor een beslissingsondersteunend systeem, dat kan zorgen voor een meer efficiënte benutting van de resources (aanlegruimte, kranen, vrachtwagens, havenarbeiders, enz.) in plaats van voor fysieke uitbreiding te kiezen (Henesey et al., 2004).

Tolujev et al. stelden in 1996 al dat fysieke expansie van een haven, bijvoorbeeld door het bouwen van een nieuwe terminal, meestal niet meer mogelijk is. De nadruk dient daarentegen te worden gelegd op het zo efficiënt mogelijk opereren van een terminal. Het fysiek uitbreiden of aanpassen van bestaande terminals kan resulteren in lange onderbrekingen in de productiviteit met klantontevredenheid tot gevolg (Tolujev et al., 1996: 6).

Bij een benadering van het totale systeem, moeten veel verschillende factoren in rekening worden gebracht, zoals: seizoenschommelingen in de vraag, verschillende aankomstpatronen van schepen, variabele behandelingstijden voor verschillende scheepsgroottes, de effecten van variaties in de vloot op de haven, havens met meerdere aanlegplaatsen met verschillende capaciteit en diepte of andere beperkingen, de verschillende hulpmiddelen die dienen tot

vrachtbehandeling, verschillende capaciteiten van opslagruimtes, etc. Om de grote mate aan factoren te incorporeren binnen een systeemanalyse van de havenwerking moeten computerondersteunde simulatieprogramma's gebruikt worden, naast analytische methoden en optimalisatietechnieken (Hassan, 1993).

In hoofdstuk IV worden drie optimalisatiemodellen beschreven en geïllustreerd door middel van een eenvoudige toepassing. Het eerste model, het statische planningsmodel, houdt de minste complexiteit in van de drie. Aan de hand van dit model wordt een gegeven verzameling van aanlegplaatsen toegewezen aan een verzameling van schepen, met als doelstelling het minimaliseren van de som van de wacht – en behandelingstijden. Nadien wordt hetzelfde gedaan aan de hand van een dynamisch planningsmodel. De doelstelling blijft dezelfde, hoewel een nieuw concept wordt opgenomen in vergelijking met het statische planningsmodel, namelijk de mate aan *dode tijd* van de aanlegplaats. In het derde model wordt een weging opgenomen, de *prioriteitsmaatstaf*. De doelstelling van het planningsmodel verandert hierdoor in 'de minimalisatie van de gewogen wacht – en bedieningstijden'. Deze drie modellen houden bepaalde veronderstellingen in, die duidelijk worden bij de uiteenzetting in hoofdstuk IV.

HOOFDSTUK III OMSCHRIJVING VAN HET LOGISTIEKE PROCES EN DOELSTELLINGEN VOOR HET PLANNINGSMODEL

3.1 *Logistieke proces*

Om de complexe werking van een haven beter te begrijpen, kan de havenactiviteit in vier klassen worden verdeeld (Hassan, 1993):

- de schipbehandeling
- de vrachtbehandeling
- het opslaan van de vracht
- het transport naar het hinterland

De *schipbehandeling* begint meestal met de aankomst van het schip binnen de havenomgeving en afhankelijk van de mate van congestie, moet het schip al dan niet een wachttijd ondergaan. Een toegewezen sleepboot leidt vervolgens het betreffende containerschip naar haar aanlegplaats binnen de containerterminal. Na het aanleggen wordt de vracht van het schip geladen. Deze activiteit is het begin van de tweede categorie binnen de havenactiviteit (vrachtbehandeling). Wanneer het ontladen gebeurd is, leidt een boot het schip terug weg van zijn aanlegplaats, door de kanalen en verlaat het de haven (Hassan, 1993).

In grote havens worden de meeste aanlegplaatsen “verhuurd” door een scheepsoperator zodat deze laatste rechtstreeks te maken krijgt met de verantwoordelijkheid voor de behandeling van de containers en op die manier een hoge productiviteit kan worden bewerkstelligd (Imai et al., 1999). Vooral bij containertransport is het belangrijk dat de turn-around-tijd van de schepen zo kort mogelijk is. Het minimaliseren van de wachttijd op een vrij stuk aanlegruimte speelt hierbij een vitale rol (Imai et al., 2003).

Wanneer het gebruik van aanlegplaatsen wordt gepland, moet met vele elementen rekening gehouden worden: de aanlegtijd en de exacte positie van elk schip aan de kade, de

verschillende middelen op de kade, de lengte van het schip en diens (verwachte) aankomsttijd, het aantal te laden of te lossen containers voor ieder schip, de ruimte voor opslag van de containers (buiten of binnen) die worden geladen of gelost, etc. De meeste scheepseigenaars verwachten een onmiddellijke toewijzing van hun schip om onderbreking van het aanlegproces te minimaliseren en efficiëntie te maximaliseren. Dit is vooral van belang wanneer tussen de operator van de terminal en de scheepseigenaar contractueel een garantie tot snelle toewijzing na aankomst (i.e. binnen 2 uur na aankomst) overeengekomen werd. De havenoperator wordt ook beoordeeld op de mate van efficiënt gebruik van de aanwezige hulpmiddelen (aanlegruimte, kranen, prime movers, enz.) binnen het gebruik van de aanlegplaatsen³, waarbij vertragingen in de terminalplanning⁴ de voornaamste zorg vormen (Dai et al., 2003).

De containers komen de terminals binnen door middel van schepen. De *vrachtbehandeling* begint met de voorbereiding van het schip om het te ontladen, i.e. de inspectie van de vracht, betalen van kosten, in orde brengen van documenten, enz. Vervolgens worden kranen en een groep werkkrachten toegewezen. De kaaikranen nemen de containers op en laden hen op containertrucks (prime movers), die vervolgens de containers verplaatsen naar de terminal yards. Kranen nemen de containers van de trucks en plaatsen ze volgens een bepaald vooropgesteld patroon en schema. Uiteindelijk komen nieuwe trucks de yard binnen om de containers opnieuw op te laden en te verdelen naar distributiecentra of klanten. Wanneer de cargo de haven verlaat, gebeurt dit proces omgekeerd (Dai et al., 2003 ; Hassan, 1993).

Bij *het opslaan van de vracht* wordt de vracht die van het schip komt naar de opslagruimtes – de warehouses en de yards – getransfereerd. Het transfersysteem bestaat uit vorkluffers, vrachtwagens, spoorwegen, enz. Vervolgens moeten hulpmiddelen en werkkrachten worden

³ Het **gebruik van de aanlegplaatsen** wordt gedefinieerd als de verhouding tussen de beschikbaarheid van aanlegruimte (aantal operationele uren * totale lengte van aanlegruimte) en de mate van bezette aanlegruimte (tijd dat schip aanlegt * bezette lengte). Deze verhouding wordt beïnvloed door het aantal en de types van schepen die aan de terminal toegewezen worden. Bij een hoger gebruik komen er ook meer vertragingen voor en verslechtert dus de service performance omdat meer schepen gebruik willen maken van de terminal.

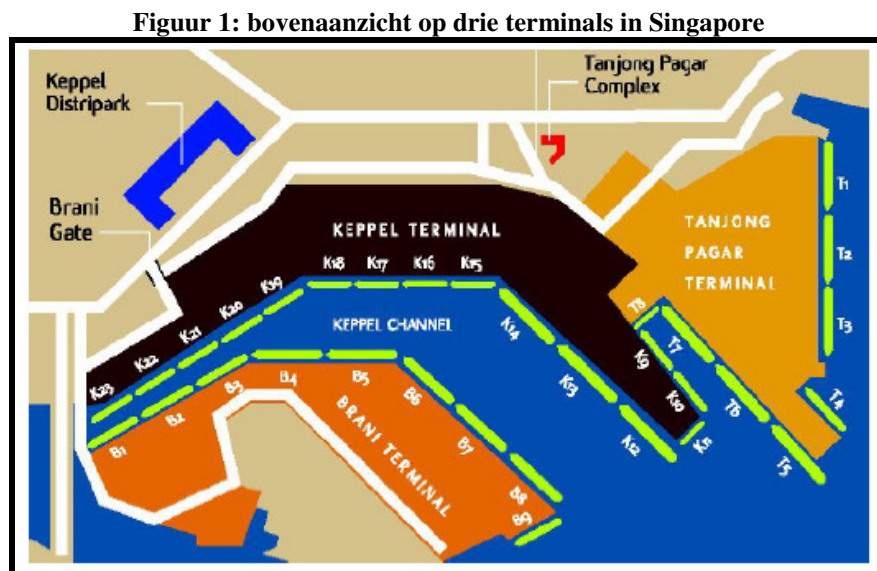
⁴ Om de **turn-around-time** van een schip te minimaliseren, zou de geselecteerde aanlegruimte zich dicht bij de opslaglocatie van de containers moeten bevinden.

toegewezen voor het klaarmaken van de opslagruimte en het opslaan van de vracht (Hassan, 1993).

Het transport naar het hinterland bestaat uit het verplaatsen van de vracht, vanuit de opslagplaats of direct vanaf het schip, naar de eindbestemming. Dit gebeurt gebruikelijk via vier infrastructuren: pijplijnen, spoorwegen, snelwegen en waterwegen. Ook hier moeten vanzelfsprekend hulpmiddelen en werkkrachten toegewezen worden (Hassan, 1993).

3.2 Terminalstructuur

Een terminal is verdeeld in meerdere kades, welke op hun beurt verdeeld zijn in aanlegplaatsen. Een kade komt overeen met een recht stuk binnen de terminal. Onderstaande figuur 1 geeft het zicht weer van 3 terminals in Singapore. Zo bestaat Keppel Terminal uit 5 kades, met respectievelijk 5, 4, 3, 1 en 2 verschillende aanlegplaatsen⁵. Schepen kunnen aangelegd worden op meerdere aanlegplaatsen tegelijk, maar kunnen niet langs 2 kades aanleggen op eenzelfde moment (Dai et al., 2003).



⁵ De karakteristieken van een aanlegplaats zijn de lengte, de diepte, de uitrusting (i.e. kranen), behandelingscapaciteit en de bedieningsfaciliteiten (Bron: Henesey et al., 2003).

Scheepseigenaars stellen meestal ver op voorhand een tijdstip van aanleggen voor (berth-time-requested of BTR) en meestal wordt toegelaten dat tijdstip te herbekijken wanneer het schip zich nabij de terminal bevindt. In realiteit is het de bedoeling om binnen een bepaald tijdsinterval een zeker aantal schepen bij aankomst een aanlegplaats toe te wijzen en daarbij zo dicht mogelijk bij hun gewenste aanlegruimte binnen de terminal (Dai et al., 2003).

De behandelingstijd van een schip wordt bijgevolg verondersteld afhankelijk te zijn van de toegewezen aanlegplaats. De containers die op het schip dienen te worden geladen bevinden zich namelijk in een container yard naast een bepaalde aanlegplaats. De behandelingstijd is met andere woorden afhankelijk van de afstand tussen het schip en de containerlocatie (Nishimura et al., 2001).

In het toewijzingssysteem wordt met *planningsvenster* (scheduling window) bedoeld: een tijdsinterval, waarbij bij het begin van het interval de aankomsttijd en andere relevante informatie van relevante schepen gekend is. De relevante schepen verwijzen naar alle schepen die zich van bij het begin van het interval reeds in de terminal bevinden of de schepen die verwacht worden aan te komen binnen het planningsraam. De planning kan opgesteld worden naargelang de doelstelling binnen het planningsvenster. Voorbeelden hiervan zijn: het maximaliseren van het gebruik van aanlegruimte, maximale doorvoer, minimale vertraging en kost aan ruimte (Dai et al., 2003).

3.3 Doelstellingen voor het planningsmodel

In het algemeen worden schepen behandeld op basis van *first-come-first-served* prioriteit. Het gebruik van deze prioriteitsregel minimaliseert echter de totale verblijftijd van schepen niet. Wanneer de aankomstvolgorde van schepen wordt genegeerd, kan de cumulatieve verblijftijd van alle schepen worden teruggebracht. Dit kan echter resulteren in langere wachttijd voor sommige schepen (Imai et al., 2001).

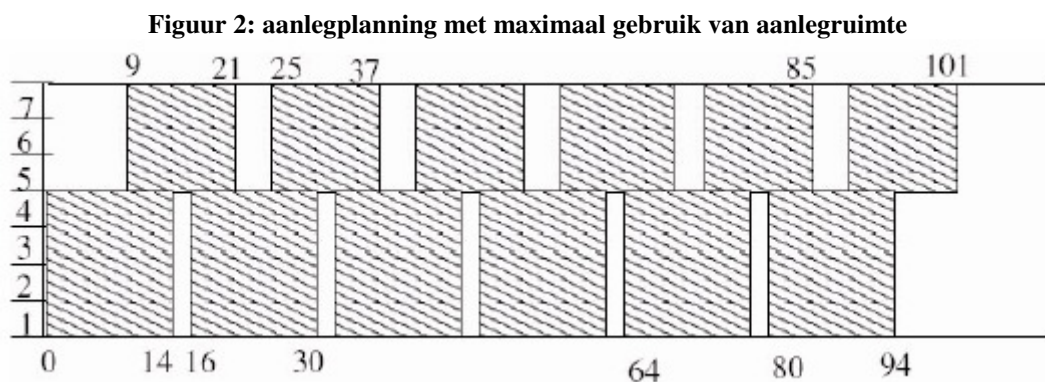
Hier worden drie doelstellingen voorgesteld voor de planning van de toewijzing van aanlegplaatsen. De eerste twee doelstellingen doen als het ware dienst als iteraties naar het derde en beste objectief van de drie. Bij de eerste twee doelstellingen wordt een probleem vastgesteld, waarbij bepaalde schepen nooit aan beurt komen. De derde doelstelling vermijdt dit probleem.

3.3.1 Maximalisatie van het gebruik van de aanlegruimte

Wanneer gezocht wordt naar de planning waarbij het gebruik van aanlegruimte maximaal is, stuit men op het feit dat bepaalde schepen omwille van hun grote afmetingen nooit aan beurt komen (Dai et al., 2003). Dit kan verduidelijkt worden aan de hand van een eenvoudig voorbeeld.

Beschouw een kade van 7 secties met schepen die behoren tot drie verschillende klassen. Schepen van klasse 1, 2 en 3 nemen respectievelijk drie, vier en vijf secties in. Tevens wordt verondersteld dat één schip van klasse 1 en 2 aanmeldt om de 16 uur, terwijl van klasse 3 slechts één schip per 640 uur aanmeldt. De behandelingstijden zijn 12, respectievelijk 14 en 16 uren voor schepen van klasse 1, respectievelijk klasse 2 en 3 (Dai et al., 2003).

Merk op dat slechts 2 schepen tegelijkertijd aangelegd kunnen worden. Dit zijn enkel schepen van klasse 1 en klasse 2, vermits een schip van klasse 3 omwille van haar afmetingen geen tweede schip toelaat. Voor deze doelstelling geeft de volgende figuur de optimale planning weer.



De lege (witte) ruimtes op figuur 2 vormen onbenutte capaciteit.⁶ Zo kan worden vastgesteld dat gedurende een periode van 16 uren, de ongebruikte capaciteit gelijk is aan 20, waarbij sectie 5 tot en met 7 voor 4 uur werkloos zijn en sectie 1 tot en met 4 voor 2 uren. Dit resulteert dus in een periode van 16 uur tot een lege ruimte van 12 (klasse 1) en van 8 (klasse 2) (Dai et al., 2003).

3.3.2 *Minimalisatie van de totale wachttijd*

Ook bij deze doelstelling zullen bepaalde schepen worden opgeofferd. Indien bijvoorbeeld aanlegruimte wordt toegewezen aan een schip met grote afmetingen, blijft geen ruimte over voor schepen met kleinere afmetingen. Voor beide objectieven resulteert dit in een ophoping van aantal wachtende schepen (Dai et al., 2003).

Om iedere 'scheepsklasse' aan de beurt te laten komen, moet een weging toegewezen worden aan de schepen. De volgende paragraaf gaat hierop in.

.

3.3.3 *Minimalisatie van de gewogen wachttijd*

Om het probleem van congestie te verhelpen, waarbij schepen van een bepaalde klasse niet bediend worden, kan er prioriteit gegeven worden aan schepen met een langere totaallengte en daarbij een hogere 'boete' hanteren voor vertragingen bij schepen van hogere prioriteit. Schepen met de hoogste prioriteit worden aangelegd, meteen na hun aankomst (Dai et al., 2003).

Het lijkt evident dat schepen die een langere containerbehandeling vereisen voorrang krijgen op kleine schepen, wanneer de aanlegruimte volzet is. Sommige scheepsbedrijven verdedigen echter dat kleinere schepen eenzelfde of zelfs een hogere prioriteit zouden moeten genieten dan grote schepen, vermits hun behandelingsduur veel korter is. Zo kunnen bijvoorbeeld twee schepen, een klein en een groot schip, gelijktijdig aankomen in de terminal. Wanneer het grote schip behandelingsprioriteit op het kleine geniet, zal het kleine schip een lange wachttijd

⁶ De onbenutte capaciteit wordt berekend door het aantal secties te vermenigvuldigen met de tijd in uren.

moeten ondergaan. Wanneer echter gekozen wordt om het kleine schip eerst te behandelen, zal de wachttijd voor het grote schip aanzienlijk kleiner uitvallen. Zo werkt de Tanjong Pagar container terminal in Singapore als een multi – user – (container –) terminal (MUT), met een hogere prioriteit toegewezen aan schepen met een groter behandelingsvolume. Een MUT kan gedefinieerd worden als een terminal met één lange aanlegruimte, die in staat is om meerdere schepen tegelijkertijd te behandelen. De Dalian container terminal in China, ook een MUT, is een voorbeeld van een terminal die bij congestie eerder de kleine schepen als eersten behandelt (Imai et al., 2003).

Een ander voorbeeld van een MUT is de Burchardkai in Hamburg. Deze kade heeft een totale lengte van 2.850 m en een maximale diepte van 16,5 m. De kade is voorzien van tien aanlegplaatsen (<http://www.hhla.de>).

In termen van oppervlakte en behandelde volumes is de Burchardkai Terminal de grootste containerterminal in de Haven van Hamburg. Veertig procent van de totale containerdoorvoer wordt daar behandeld. Dit kwam in 2005 overeen met 5.000 schepen per jaar en 2,6 miljoen standaard containers (TEU) (<http://www.hhla.de>).

Figuur 3: MUT Burchardkai in Hamburg



Het donkere gedeelte stelt de containeryard voor. Langs de lichtgekleurde kanalen rondom de containeryard komen de schepen aan en worden ze aangelegd.

In paragraaf 4.4 wordt een planningsmodel besproken en geïllustreerd, waarin een prioriteitsmaatstaf werd opgenomen.

HOOFDSTUK IV THEORETISCHE UITEENZETTING VAN DE PLANNINGSMODELLEN EN ILLUSTRERENDE TOEPASSINGEN

Dat de nood aan efficiëntie geen betoog meer hoeft, is duidelijk. Eén van de aspecten waarin efficiëntie een vooraanstaande rol speelt, betreft de planning van toewijzing van aanlegruimte aan aankomende schepen. Hiervoor werden verscheidene methodes en heuristieken gehanteerd. In dit hoofdstuk worden drie planningsmodellen besproken: het statische, het dynamische en een aanvullend model op het dynamische, waar rekening gehouden wordt met een toegekende prioriteit aan ieder schip.

In de eerste paragraaf wordt een kader geschetst waarin de toepassingen op de drie planningsmodellen zich situeren. De layout van de beschouwde terminal en de nodige veronderstellingen worden hier besproken. Daarnaast worden de behandelingstijden gegeven en wordt de werkwijze van de toepassing uitgelegd.

In de tweede paragraaf wordt het statische planningsprobleem uiteengezet en geïllustreerd door middel van een toepassing, uitgevoerd door een software, LINDO, dat dient om lineaire en/of geheeltallige programmeringen op te lossen.

Vervolgens wordt in paragraaf 4.3 overgegaan tot het dynamische planningsprobleem. Ook hier zal, ter illustratie, een toepassing worden geïllustreerd. Bij zowel het statische als het dynamische model wordt geen rekening gehouden met fysieke beperkingen, zoals de lengte van de schepen of de diepte van de aanlegplaatsen.

Het dynamische planningsprobleem wordt in de vierde paragraaf uitgebreid door aan de verschillende schepen een prioriteitsmaatstaf toe te kennen, op basis van het containervolume per schip.

Om de toepassingen te besluiten wordt een overzicht van de resultaten gegeven.

4.1 Probleemschets

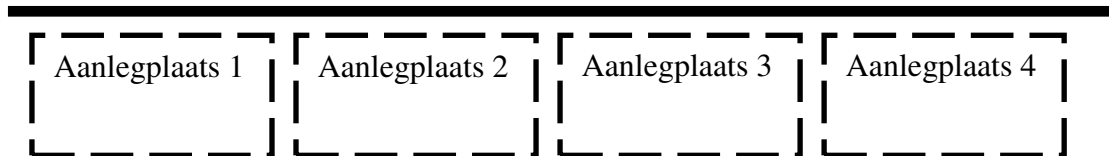
4.1.1 Layout van de terminal

In zeehavens is vaak sprake van *berth shifting*, waarbij aanlegplaatsen worden opgedeeld over verschillende schepen. Een schip wordt toegewezen aan een aanlegplaats waar reeds een ander schip behandeld wordt. In commerciële havens is dit niet het geval (Imai et al., 2001).

De planning gebeurt in deze toepassing voor vier schepen in een multi – user – terminal, voor te stellen als één rechte lijnige aanlegruimte, opgedeeld in vier gelijke aanlegplaatsen. De grootte van het probleem is beperkt omwille van het gebrek aan gesofisticeerde software.

Bij de toewijzing van aanlegplaatsen aan schepen wordt verondersteld dat het fysiek mogelijk is om de betreffende schepen aan te leggen op de toe te wijzen aanlegplaatsen. Hiermee wordt bedoeld: de aanlegplaats moet lang en diep genoeg zijn om een desbetreffend schip aan te leggen.

Figuur 4: Multi – User Terminal met vier aanlegplaatsen



4.1.2 Behandelingstijd van schip j op aanlegplaats i

Elk schip heeft een meest wenselijke aanlegplaats. Deze plaats is afhankelijk van de situering van de te laden containers in de containeryards die zich langs de kade bevinden. De behandelingstijd is afhankelijk van de afstand tussen het schip en de containerlocatie langs de kade. Voor schip 1 en 3 wordt verondersteld dat de derde aanlegplaats de gunstigste is. Voor de schepen 2 en 4 is dat de tweede aanlegplaats. Indien afgeweken wordt met één aanlegplaats van de meest wenselijke aanlegplaats, verhoogt de behandelingstijd telkens met één

tijdseenheid. Dit resulteert in volgende tabel met de behandelingstijden voor een schip op een bepaalde aanlegplaats. De grijs gekleurde cellen stellen de behandelingstijd voor van het schip op haar meest wenselijke aanlegplaats.

Tabel 1: behandelingstijden van een bepaald schip op een bepaalde aanlegplaats

behandelingstijd	<i>aanlegplaats</i>			
<i>schip</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>1</i>	4	3	2	3
<i>2</i>	4	3	4	5
<i>3</i>	5	4	3	4
<i>4</i>	6	5	6	7

4.1.3 Werkwijze

Een overcapitalisatie van de haven, samen met een relatief klein cargovolume resulteert in hoge havenprijzen per container. Met overcapitalisatie wordt bedoeld, de fysieke uitbouw van een haven, bijvoorbeeld de uitbreiding van beschikbare aanlegruimte. Het aantal aanlegplaatsen kan dus best beperkt blijven, alleszins niet in overaanbod (Imai et al., 2001).

Daarom wordt de planning achtereenvolgens voor één, twee, drie en vier aanlegplaatsen gedaan. Op die manier kan ook achterhaald worden welk aantal aanlegplaatsen het meest efficiënt is.

Om de optimale planning te bepalen, worden per aantal aanlegplaatsen één of meerdere lineaire programmeringen opgesteld en opgelost door het computerprogramma LINDO. Eerst wordt de planning bekeken voor één aanlegplaats. Hiervoor moeten vier programmeringsproblemen opgesteld worden, vermits er vier aanlegplaatsen voor handen zijn. Na het oplossen van deze vier problemen kan de optimale oplossing gevonden worden aan de hand van de beste doelfunctiewaarde.

Vervolgens kunnen de mogelijke programmeringsproblemen worden opgesteld voor de planning op twee aanlegplaatsen. Vermits zes combinaties van twee aanlegplaatsen mogelijk zijn (i.e. (1 – 2), (1 – 3), (1 – 4), (2 – 3), (2 – 4) en (3 – 4)), zijn zes verschillende lineaire programmeringen vereist. Op die manier kan opnieuw de meest optimale planning geselecteerd worden uit deze zes planningsmogelijkheden.

De logische volgende stap is de planning op te stellen voor een combinatie van drie aanlegplaatsen. Hierbij dienen vier verschillende combinaties van aanlegplaatsen getest te worden: (1 – 2 – 3), (1 – 3 – 4), (1 – 2 – 4) en (2 – 3 – 4).

Tot slot moet de planning worden gemaakt wanneer alle vier de aanlegplaatsen voor handen zijn. Hier is slechts één combinatie van aanlegplaatsen mogelijk.

4.2 Het statische planningsprobleem voor de toewijzing van aanlegplaatsen

4.2.1 Formulering

In dit planningsprobleem zijn alle schepen reeds in de haven aangekomen wanneer de aanlegplanning wordt bepaald. Op die manier kan elk van deze schepen toegewezen worden. Verder worden de volgende veronderstellingen gemaakt:

- Iedere aanlegplaats kan slechts één schip tegelijkertijd behandelen.
- Er zijn geen fysieke of technische beperkingen, zoals de relatie tussen de diepte van het schip en de diepte van de aanlegplaats.
- De behandelingstijd van een schip is afhankelijk van de aanlegplaats waarop het schip behandeld wordt.

De laatste veronderstelling wijst op het gegeven dat een container die geladen dient te worden op een schip kan aankomen in de terminal, nadat de aanlegplanning al vastligt. De afstand tot

de te laden container kan verschillen naargelang de aanlegplaatsen en kan resulteren in een langere behandelingstijd (Imai et al., 2001).

Het statische planningsprobleem is vooral van toepassing op erg druk bezette havens. De planning bij dit probleem gebeurt immers pas wanneer al de te plannen schepen zich reeds in de haven bevinden (Imai et al., 2003).

De formulering omvat de volgende elementen:

- $i (= 1, \dots, I) \in B$, de verzameling van aanlegplaatsen
- $j (= 1, \dots, T) \in V$, de verzameling van schepen
- $k (= 1, \dots, T) \in O$, de verzameling van bedieningsorders; geeft de volgorde van behandeling aan voor een bepaald aantal schepen op een bepaalde aanlegplaats
- S_i , het tijdstip, wanneer aanlegplaats i vrijkomt voor de aanlegplanning
- A_j , de aankomsttijd van schip j
- C_{ij} , de behandelingstijd, gespendeerd aan schip j op aanlegplaats i
- x_{ijk} , binaire variabelen, om aan te tonen of schip j al dan niet als k -de schip wordt behandeld op aanlegplaats i ⁷

De doelstelling van de formulering is de minimalisatie van de som van de wachttijden (op een beschikbare aanlegplaats) en de behandelingstijden van ieder schip.

⁷ Wanneer de optimale oplossing van het planningsprobleem aangeeft dat de te plannen schepen verdeeld worden over verschillende aanlegplaatsen, komt de k - waarde niet overeen met de werkelijkheid, bvb. wanneer schip 1 en 2 op aanlegplaats 1 worden gepland en schip 3 en 4 op aanlegplaats 2, dan krijgen de x -variabelen niet de k – waarde 1 en 2 mee. Dit heeft te maken met de formulering van de doelfunctie en wordt duidelijk bij de uitgewerkte voorbeelden.

Het toewijzingsprobleem kan als volgt geformuleerd worden:

Minimaliseer	$\sum_{i \in B} \sum_{j \in V} \sum_{k \in O} \{(T - k + 1)C_{ij} + S_i - A_j\} x_{ijk}$	(1)
---------------------	--	------------

s.t.	$\sum_{i \in B} \sum_{k \in O} x_{ijk} = 1 \quad \forall j \in V$	(2)
	$\sum_{j \in V} x_{ijk} \leq 1 \quad \forall i \in B, k \in O$	(3)
	$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in B, j \in V, k \in O$	(4)

Deze formulering kan opgelost worden door middel van een software – programma voor het oplossen van eenvoudige lineaire programmeringen. Met veronderstellingen kan het probleem meer tastbaar worden voorgesteld. De gebruiker moet de formulering ingeven en het programma berekent het optimum. In de volgende paragraaf volgt een toepassing op het statische planningsmodel.

4.2.2 *Toepassing op het statische planningsprobleem voor de toewijzing van aanlegplaatsen*

De lay-out van de MUT werd al gegeven in het begin van het hoofdstuk, samen met de behandelingstijden.

De *aankomsttijden* van de schepen zijn als volgt:

Tabel 2 : aankomsttijden van schepen

Schip	1	2	3	4
aankomsttijd	0	0	1	2

Het tijdstip, wanneer een bepaalde aanlegplaats vrijkomt, wordt gesteld op:

Tabel 3 : tijdstip vrijkomen van aanlegplaatsen

Aanlegplaats	1	2	3	4
Tijdstip van vrijkomen	2	3	3	4

Merk op dat voor het statische planningsprobleem het tijdstip van vrijkomen van iedere aanlegplaats pas gebeurt nadat de vier te behandelen schepen zich reeds in de haven begeben. Deze situatie is realistisch wanneer het gaat om een zeer druk bezette haven.

4.2.3 Resultaten

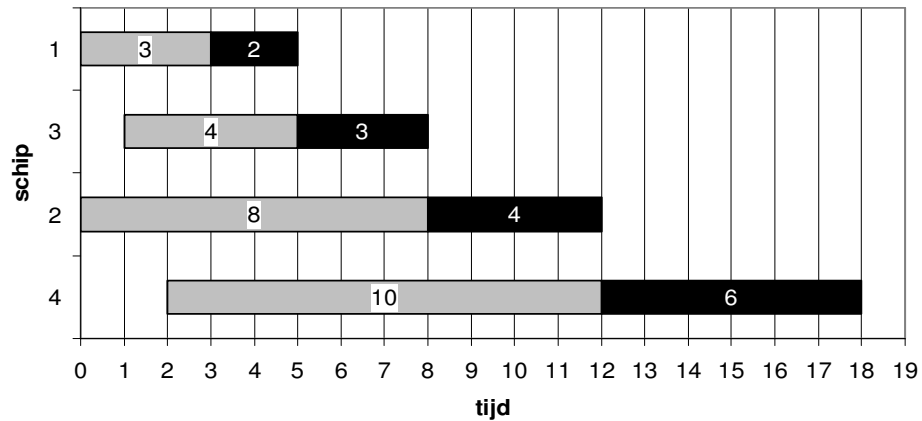
Zoals eerder gesteld, wordt de planning gemaakt voor een verschillend aantal beschikbare aanlegplaatsen. Per aantal aanlegplaatsen wordt de planning geselecteerd met de optimale doelfunctiewaarde. Nadien kan de meest optimale planning geselecteerd worden na het vergelijken van de optimale oplossingen voor de verschillende aantallen aanlegplaatsen. De input en de output van de lineaire programmeringen zijn terug te vinden in de bijlage.

4.2.3.1 Planning op één aanlegplaats

Voor dit planningsprobleem werden vier lineaire programmeringen opgelost, namelijk telkens één voor elk van de vier aanlegplaatsen. De aanlegplanning op de derde aanlegplaats had de beste *functiewaarde* van de vier. Deze bedroeg 40, de som van wacht- en behandelingstijden, respectievelijk 25 en 15. De binaire variabelen x_{311} , x_{332} , x_{323} en x_{344} kregen de waarde 1 toegewezen. Schip 1, 3, 2 en 4 werden dus achtereenvolgens behandeld op aanlegplaats 3.

De *spanwijdte* van de planning bedroeg 18 tijdseenheden.

Figuur 5: statische aanlegplanning op aanlegplaats 3



Tabel 4 : wacht - en behandelingstijden voor de statische aanlegplanning op aanlegplaats 3

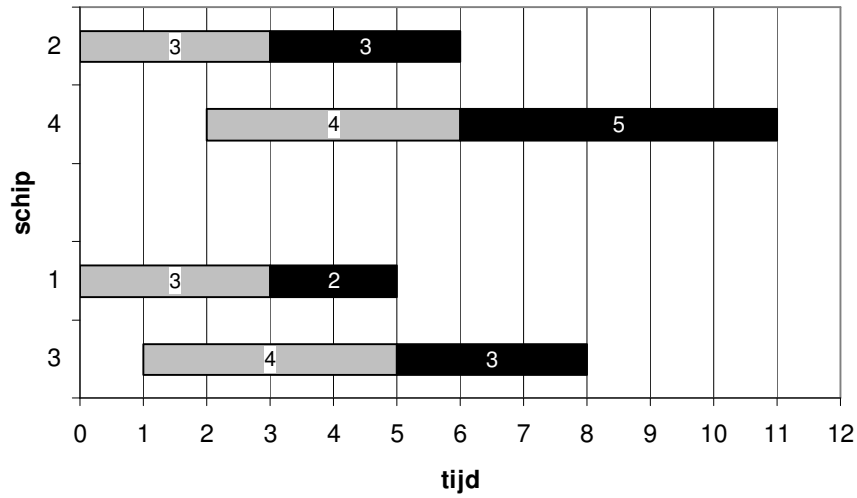
<i>Schip</i>	<i>Wachttijd</i>	<i>Behandelingstijd</i>
<i>1</i>	3	2
<i>3</i>	4	3
<i>2</i>	8	4
<i>4</i>	10	6
subtotalen	25	15
totaal	40	

4.2.3.2 Planning op twee aanlegplaatsen

Uit zes verschillende combinaties van twee aanlegplaatsen, resulteert de planning op aanlegplaatsen 2 en 3 in de beste functiewaarde, i.e. 27. Schip 2 en 4 dienden achtereenvolgens te worden behandeld op de tweede aanlegplaats. Hetzelfde gold voor schip 1 en 3, maar dan op aanlegplaats 3. De totale wachttijd voor de vier schepen bedroeg 14 en de totale behandelingstijd 13.

Ten opzichte van de planning op één aanlegplaats werd de spanwijdte gereduceerd met zeven tijdseenheden, tot 11.

Figuur 6: statische aanlegplanning op aanlegplaatsen 2 (schip 2 & 4) en 3 (schip 1 & 3)



Tabel 5 : wacht - en behandelingstijden voor de statische aanlegplanning op aanlegplaatsen 2 & 3

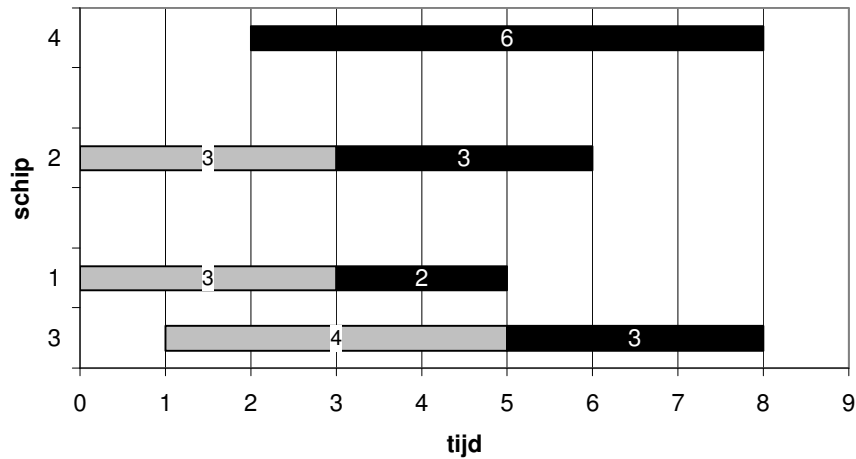
<i>Aanlegplaats</i>	<i>Schip</i>	<i>Wachttijd</i>	<i>Behandelingstijd</i>
2	2	3	3
	4	4	5
3	1	3	2
	3	4	3
Subtotalen		14	13
Totaal		27	

4.2.3.3 Planning op drie aanlegplaatsen

Bij dit planningsprobleem dienen vier mogelijkheden te worden nagegaan. De planning op de aanlegplaatsen 1, 2 en 3 gaf de beste functiewaarde. Schip 4 werd dan als eerste behandeld op aanlegplaats 1, schip 2 op aanlegplaats 2 en de schepen 1 en 3 werden achtereenvolgens behandeld op de derde aanlegplaats. Dit gaf een totale wachttijd voor de schepen van 10 en een behandelingstijd van 14, resulterend in een functiewaarde van 24.

Opnieuw wordt de spanwijdte van het probleem gereduceerd ten opzichte van de plannings met minder beschikbare aanlegplaatsen tot 8.

Figuur 7 : statische aanlegplanning op aanlegplaatsen 1 (schip 4), 2 (schip 2) & 3 (schip 1 & 3)



Tabel 6 : wacht - en behandelingstijden voor de statische aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2 & 3

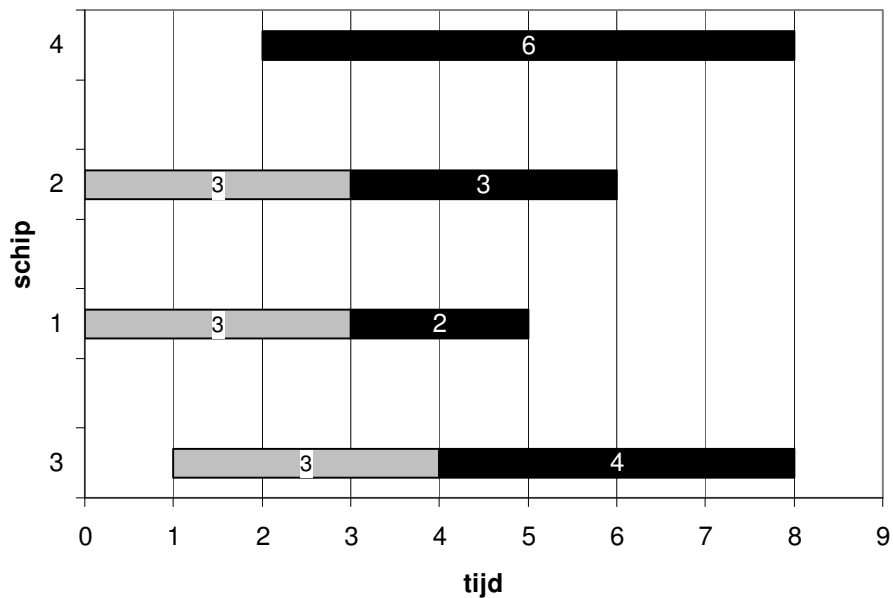
<i>Aanlegplaats</i>	<i>Schip</i>	<i>Wachttijd</i>	<i>Behandelingstijd</i>
1	4	0	6
2	2	3	3
3	1	3	2
	3	4	3
Subtotalen		10	14
Totaal		24	

4.2.3.4 Planning op vier aanlegplaatsen

De optimale planning op vier aanlegplaatsen resulteert in eenzelfde functiewaarde als voor de planning op drie aanlegplaatsen. De planning was echter verschillend. De vier beschikbare aanlegplaatsen werden allen benut. De totale wachttijd werd ten opzichte van de planning op drie aanlegplaatsen gereduceerd met één tijdseenheid tot 9, terwijl de behandelingstijd verhoogd werd met één tijdseenheid, tot 15.

Ook de spanwijdte bleef gelijk met de planning op drie beschikbare aanlegplaatsen, namelijk 8.

Figuur 8 : statische aanlegplanning op aanlegplaatsen 1 (schip 4), 2 (schip 2), 3 (schip 1) & 4 (schip 3)



Tabel 7 : wacht - en behandelingstijden voor de statische aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2, 3 & 4

<i>Aanlegplaats</i>	<i>Schip</i>	<i>Wachttijd</i>	<i>Behandelingstijd</i>
1	4	0	6
2	2	3	3
3	1	3	2
4	3	3	4
Subtotalen		9	15
Totaal		24	

Hoewel alle vier de aanlegplaatsen werden benut, verbetert de doelfunctiewaarde niet.

4.3 *Het dynamische planningsprobleem voor de toewijzing van aanlegplaatsen*

4.3.1 *Formulering*

Het dynamische planningsprobleem voor het toewijzen van aanlegplaatsen heeft als doel, het minimaliseren van de totale behandelingstijd, inclusief het wachten op een vrijgekomen aanlegplaats, van binnenkomende schepen (Nishimura et al., 2001).

Het vorige, statische, probleem is beperkt omdat sommige schepen kunnen aankomen bij de haven tijdens de planninghorizon. Indien pas rekening wordt gehouden met deze schepen in een volgende planningshorizon, kan de algemene prestatie van de aanlegruimte slechter zijn. De veronderstelling wordt gemaakt, dat niet alle schepen aankomen bij de haven voor S_i , het tijdstip waarop aanlegplaats i vrijkomt. De rest van de veronderstellingen voor het statische probleem blijven gelden voor het dynamische. Ten opzichte van het statische probleem treden enkele nieuwe elementen toe:

- W_i , de deelverzameling van schepen met $A_j \geq S_i$
- y_{ijk} , de tijd wanneer aanlegplaats i werkloos is tussen het vertrek van schip $k - 1$ en de aankomst van schip k , wanneer schip j bediend wordt als schip k .
- P_k , deelverzameling van O zodat $P_k = \{p \mid p < k \in O\}$

Het allocatieprobleem kan als volgt geformuleerd worden:

$$\text{Minimaliseer } \sum_{i \in B} \sum_{j \in V} \sum_{k \in O} \{(T - k + 1)C_{ij} + S_i - A_j\} x_{ijk} + \sum_{i \in B} \sum_{j \in W_i} \sum_{k \in O} (T - k + 1) y_{ijk} \quad (5)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i \in B} \sum_{k \in O} x_{ijk} = 1 \quad \forall j \in V \quad (6)$$

$$\sum_{j \in V} x_{ijk} \leq 1 \quad \forall i \in B, k \in O \quad (7)$$

$$\sum_{i \in V} \sum_{m \in P_k} (C_{il} x_{ilm} + y_{ilm}) + y_{ijk} - (A_j - S_i) x_{ijk} \geq 0$$

$$\forall i \in B, j \in W_i, k \in O \quad (8)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in B, j \in V, k \in O \quad (9)$$

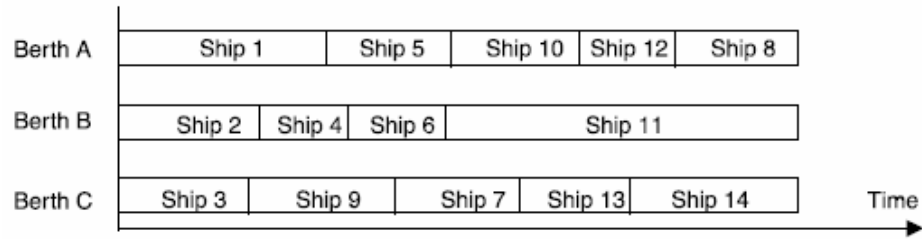
$$y_{ijk} \geq 0 \quad \forall i \in B, j \in V, k \in O \quad (10)$$

4.3.2 Interpretatie van de formulering

Doelfunctie (5) minimaliseert de som van wacht - en behandelingstijden voor ieder schip. Beperking (6) verzekert dat ieder schip bediend moet worden op één of andere aanlegplaats in één of andere volgorde. Beperking (7) duidt aan dat iedere aanlegplaats slechts 1 schip kan bedienen op een bepaald tijdstip. Beperking (8) geeft weer dat schepen enkel kunnen bediend worden na hun aankomst (Imai et al., 2003).

De eerste term van de doelfunctie geeft de *totale bedieningstijd* weer (behandelings- en wachttijd inbegrepen) wanneer schepen allemaal bediend worden zonder dat aanlegplaatsen een moment werkloos zijn, zoals geïllustreerd in onderstaande figuur 9 (Imai et al., 2003).

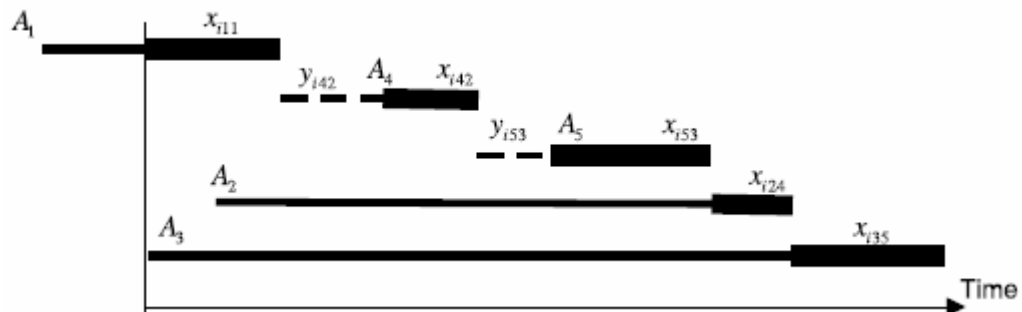
Figuur 9 : aanlegplanning voor veertien schepen aan drie aanlegplaatsen



Behandelingstijd C_{ij} voor een specifiek schip j , bediend op aanlegplaats i draagt bij tot de wachttijd van de volgende schepen die bediend moeten worden op dezelfde aanlegplaats. De wachttijd van één van de schepen die volgen op schip j staat dus gelijk met de cumulatieve bedieningstijden van haar voorgangers op diezelfde aanlegplaats (Imai et al., 2003).

De tweede term van de doelfunctie toont de wachttijd die zich stelt met de tijd dat een aanlegplaats werkloos is doordat een schip laat aankomt. Figuur 9 toont een allocatie van aanlegplaats i met momenten van dode tijd van de aanlegplaats (Imai et al., 2003).

Figuur 10 : een dynamische toewijzing aan aanlegplaats i



De dunne lijnen stellen wachttijd voor van een bepaald schip, terwijl de dikke lijnen behandeling van schepen voorstellen. De onderbroken lijnen tonen wanneer de aanlegplaats dode tijd ondervindt. Schip 1 komt aan vòòr S_i en wordt dus als eerste bediend, terwijl schip 2 en 3 nà S_i aankomen en worden als vierde, respectievelijk vijfde schip behandeld. Aanlegplaats i ondergaat dode tijd wanneer schip 4 en 5 aankomen en worden daarom als tweede en derde bij aankomst bediend. Zoals eerder vermeld draagt de behandelingstijd C_{ij} van ieder schip bij tot de wachttijden van al haar opvolgers. Op dezelfde manier wordt de

dode tijd die een aanlegplaats ondervindt is voordat een schip behandeld wordt, y_{ijk} , opgeteld om te weten hoelang volgende schepen moeten wachten op behandeling. Wanneer een schip aankomt voordat haar onmiddellijk voorganger vertrokken is, dan is per definitie $y_{ijk} = 0$. Voor de schepen die aankomen vòòr S_i wordt deze wachttijd, $S_i - A_j$, opgeteld. Wanneer schip j nà S_i aankomt (i.e. $S_i - A_j$ is negatief), ongeacht $y_{ijk} > 0$ of $= 0$, worden de wachttijden (som van de C_{ij} 's en y_{ijk} 's van haar voorgangers) verminderd met de tijdsduur van $(A_j - S_i)$. Merk op dat de doelfunctie $(T - k + 1)y_{ijk}$ bevat, waarbij y_{ijk} berekend wordt, zowel voor schip j als voor haar opvolgers. Zoals hierboven reeds vermeld, wordt de wachttijd van een schip gegeven door de som van C_{ij} en y_{ijk} voor haar voorgangers, verminderd met $A_j - S_i$ wanneer $y_{ijk} > 0$. Daarom dient y_{ijk} opgeteld te worden om haar eigen wachttijd te weten.

Beperking (8) waarbij schip j wordt behandeld als k -de schip op aanlegplaats i resulteert door het verplaatsen van de derde term van de linker- naar de rechterzijde in de volgende ongelijkheid:

$$\sum_{l \in V} \sum_{m \in P_k} (C_{il} x_{ilm} + y_{ilm}) + y_{ijk} \geq (A_j - S_i) x_{ijk}$$

De eerste term aan de linkerzijde is de tijdsduur tussen S_i en het tijdstip wanneer de laatste van voorgangers de haven verlaat. Dit heeft tot gevolg dat de linkerzijde, i.e. de tijdsduur tussen S_i en de start van de behandeling voor schip j , niet minder kan zijn dan $A_j - S_i$, wanneer $x_{ijk} = 1$ (Imai et al., 2003).

Ook dit probleem kan concreter worden voorgesteld door het toe te passen met behulp van een voorbeeld.

4.3.3 Toepassing op het dynamische planningsprobleem voor de toewijzing van aanlegplaatsen

De gegevens voor het dynamische probleem zijn voor het grootste gedeelte gelijk aan die voor het statische planningsprobleem. Enkel de aankomsttijden van de schepen en de tijdstippen voor het vrijkomen van de verschillende aanlegplaatsen zijn verschillend.

De aankomsttijden van de schepen zijn als volgt:

Tabel 8 : aankomsttijden van schepen voor dynamisch planningsprobleem

Schip	1	2	3	4
aankomsttijd	0	2	2	3

Het tijdstip, wanneer een bepaalde aanlegplaats vrijkomt, wordt gesteld op:

Tabel 9 : tijdstip van vrijkomen van aanlegplaatsen voor dynamisch planningsprobleem

Aanlegplaats	1	2	3	4
Tijdstip van vrijkomen	0	1	1	2

De *werkwijze* bij het dynamische planningsprobleem komt overeen met die van het statische probleem.

4.3.4 Resultaten

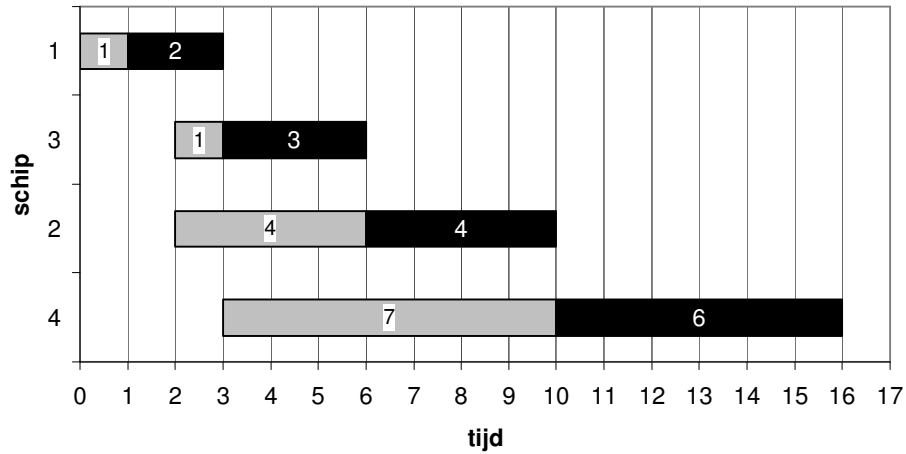
Zoals bij de toepassing op het statische planningsprobleem, werden ook bij het dynamische planningsprobleem de planningen met de beste functiewaarde geselecteerd. De LINDO – input en - output kunnen geraadpleegd worden in de bijlage.

4.3.4.1 Planning op één aanlegplaats

Uit de LINDO – output blijkt dat de doelfunctie optimaal is wanneer de aanleg van de vier schepen gebeurt op aanlegplaats 3. De binaire variabelen x_{311} , x_{332} , x_{323} en x_{344} krijgen de waarde 1 toegewezen. Dit impliceert het volgende: schip 1 wordt als eerste behandeld op aanlegplaats 3. Daarna volgen respectievelijk het derde, het tweede en het vierde schip. De planning kan in de tijd bekeken worden aan de hand van de volgende figuur.

De spanwijdte van de planning bedraagt 16 tijdseenheden.

Figuur 11 : dynamische aanlegplanning op aanlegplaats 3



Tabel 10 : wacht - en behandelingstijden voor dynamische aanlegplanning op aanlegplaats 3

<i>Schip</i>	<i>Wachttijd</i>	<i>Behandelingstijd</i>
<i>1</i>	1	2
<i>3</i>	1	3
<i>2</i>	4	4
<i>4</i>	7	6
subtotalen	13	15
totaal	28	

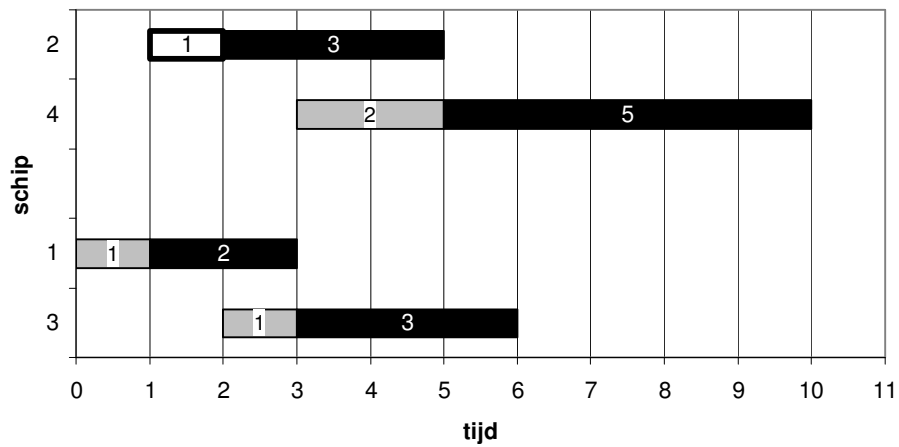
4.3.4.2 *Dynamische aanlegplanning op twee aanlegplaatsen*

De meest optimale planning in termen van wacht - en behandelingstijden wordt gevonden bij de combinatie van de aanlegplaatsen 2 en 3. De binaire variabelen x_{223} , x_{244} , x_{313} en x_{334} krijgen de waarde 1 toegewezen. Het laatste cijfer in de drieledige index duidt de volgorde aan. Normaalgesproken zou die de waarde 1 en 2 moeten hebben, maar door de lineaire programmering is dit niet mogelijk. Het cijfer 3 moet geïnterpreteerd worden als het eerste behandelde schip en de 4 als het tweede behandelde schip op de respectievelijke aanlegplaats. De volledige interpretatie van het resultaat kan dus als volgt geformuleerd worden: schip 2

wordt als eerste behandeld op aanlegplaats 2, waarop schip 4 op dezelfde aanlegplaats wordt behandeld. Schip 1 en 3 worden achtereenvolgens behandeld op aanlegplaats 3. Aanlegplaats 2 is werkloos voor één tijdseenheid, vóór schip 2 wordt behandeld.

Wanneer één aanlegplaats meer beschikbaar is, wordt de spanwijdte gereduceerd met zes tijdseenheden, tot 10.

Figuur 12 : dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 2 (schip 2 & 4) & 3 (schip 1 & 3)



Tabel 11 : wacht -, behandelings - en dode tijden voor dynamische aanlegplanning op aanlegplaats 2 & 3

<i>Aanlegplaats</i>	<i>Schip</i>	<i>Dode tijd aanlegplaats vòòr aankomst schip</i>	<i>Wachttijd</i>	<i>Behandelingstijd</i>
2	2	1	0	3
	4	0	2	5
3	1	0	1	2
	3	0	1	3
		Subtotalen	4	13
		Totaal	17	

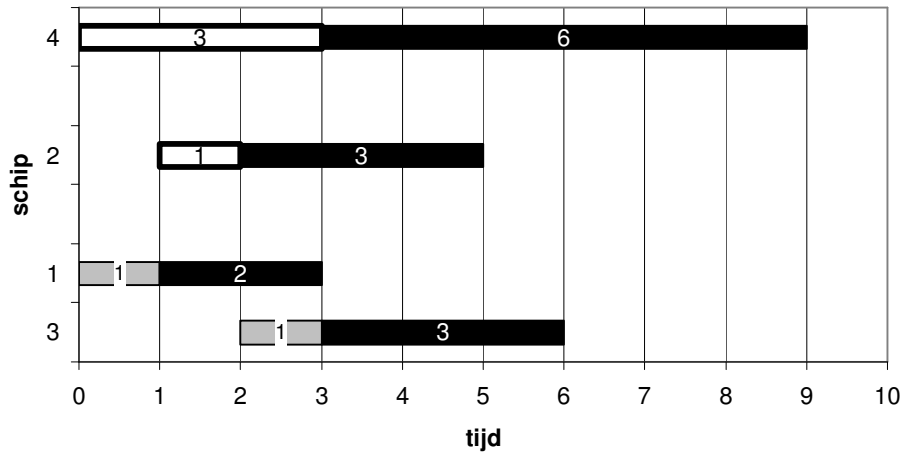
4.3.4.3 *Dynamische aanlegplanning op drie aanlegplaatsen*

Twee combinaties van drie aanlegplaatsen resulteren in dezelfde optimale doelfunctiewaarde van 16: de aanlegplanning op aanlegplaatsen 1,2 en 3 enerzijds, en de aanlegplanning op aanlegplaatsen 2,3 en 4 anderzijds.

Bij de aanlegplanning op de aanlegplaatsen 1, 2 en 3 krijgen de binaire variabelen x_{144} , x_{224} , x_{313} en x_{334} de waarde 1 toegewezen. Schip 4 wordt behandeld op aanlegplaats 1, schip 2 op aanlegplaats 2 en schip 1 en 3 worden achtereenvolgens behandeld op aanlegplaats 3. Voordat schip 4 behandeld wordt ondervindt aanlegplaats 1 drie tijdseenheden dode tijd. Aanlegplaats 2 ondervindt één tijdseenheid dode tijd alvorens schip 2 wordt behandeld.

Ten opzichte van de planning op twee aanlegplaatsen wordt de spanwijdte met één tijdseenheid gereduceerd tot 9.

Figuur 13: dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 1 (schip 4), 2 (schip 2) & 3 (schip 1 & 3)



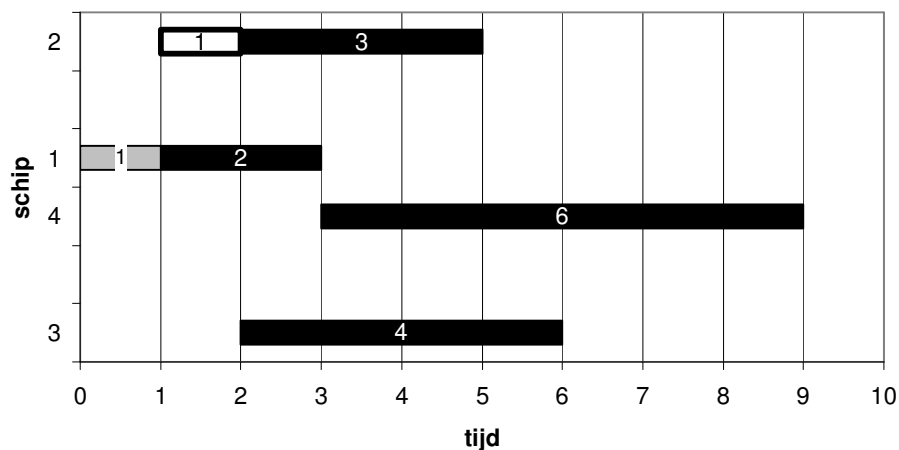
Tabel 12 : wacht -, behandelings- en dode tijden voor dynamische aanlegplanning op aanlegplaats 1, 2 & 3

Aanlegplaats	Schip	Dode tijd aanlegplaats vòòr aankomst schip	Wachttijd	Behandelingstijd
1	4	3	0	6
2	2	1	0	3
3	1	0	1	2
	3	0	1	3
		Subtotalen	2	14
		Totaal	16	

De andere optimale planning op drie aanlegplaatsen geeft de volgende binaire variabelen een waarde 1: x_{224} , x_{313} , x_{344} en x_{434} . In woorden, schip 2 wordt behandeld op aanlegplaats 2, de schepen 1 en 4 worden achtereenvolgens behandeld op aanlegplaats 3 en schip 3 wordt behandeld op aanlegplaats 4. Aanlegplaats 2 ondergaat gedurende één tijdseenheid dode tijd vooraleer schip 2 aankomt en kan worden behandeld.

Ook bij deze tweede optimale planning voor drie aanlegplaatsen, bedraagt de *spanwijdte* van de planning 9 tijdseenheden.

Figuur 14 : dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 2, 3 & 4



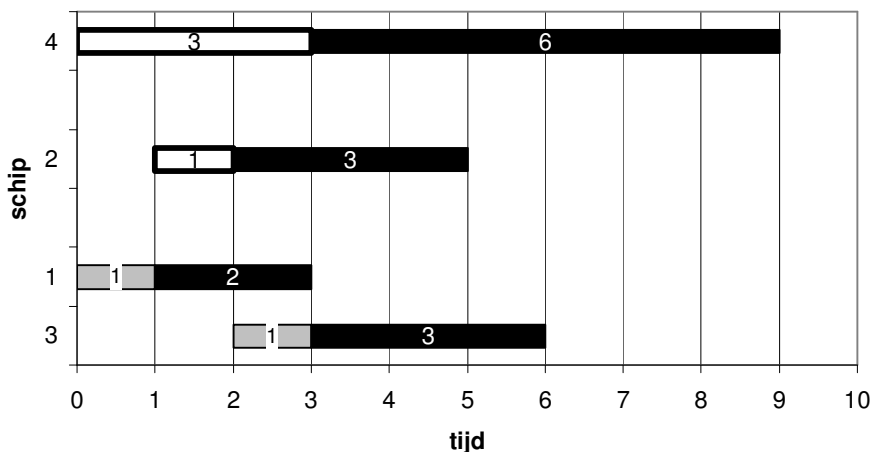
Tabel 13 : wacht -, behandelings - en dode tijden voor aanlegplanning op aanlegplaatsen 2, 3 & 4

Aanlegplaats	Schip	Dode tijd aanlegplaats vòòr aankomst schip	Wachttijd	Behandelingstijd
2	2	1	0	3
3	1	0	1	2
	4	0	0	6
4	3	0	0	4
		Subtotalen	1	15
		Totaal	16	

4.3.4.4 Aanlegplanning op vier aanlegplaatsen

Slechts één lineair programmeringsprobleem dient te worden opgelost, vermits de vier te beschouwen aanlegplaatsen beschikbaar worden gesteld en dus slechts één combinatie van aanlegplaatsen mogelijk is. De optimale planning voor het aanleggen van de vier schepen bij het beschikbaar zijn van de vier aanlegplaatsen, ziet er als volgt uit:

Figuur 15 : dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 1 (schip 4), 2 (schip 2), 3 (schip 1 & 3) & 4



Schip 4 wordt behandeld op aanlegplaats 1, schip 2 op aanlegplaats 2 en de schepen 1 en 3 achtereenvolgens op aanlegplaats 3. Aanlegplaats 4 wordt niet gebruikt en is dus eigenlijk

overbodig. Aanlegplaats 1 ondervindt drie tijdseenheden dode tijd en aanlegplaats 2 één tijdseenheid. De som van wacht - en behandelingstijden is gelijk aan 16 tijdseenheden.

De spanwijdte van de planning bedraagt 9 tijdseenheden, evenveel als de planning op drie aanlegplaatsen.

Tabel 14 : wacht -, behandelings - en dode tijden voor aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2, 3 & 4

<i>Aanlegplaats</i>	<i>Schip</i>	<i>Dode tijd aanlegplaats vòòr aankomst schip</i>	<i>Wachttijd</i>	<i>Behandelingstijd</i>
1	4	3	0	6
2	2	1	0	3
3	1	0	1	2
	3	0	1	3
4	-	-	-	-
		Subtotalen	2	14
		Totaal	16	

Tussen de verschillende optimale plannings wordt drie keer de optimale functiewaarde van 16 bekomen. Het gaat om de plannings met de volgende combinaties van aanlegplaatsen:

- 1, 2 & 3
- 2, 3 & 4
- 1, 2, 3 & 4

Bij de laatste combinatie worden de schepen slechts aan de eerste drie aanlegplaatsen toegewezen. Deze planning lijkt dan ook op de planning bij de eerste combinatie. Een vierde aanlegplaats is met andere woorden overbodig voor de aanleg van de vier schepen.

De optimale planning op drie aanlegplaatsen wint één uur in vergelijking met de optimale planning op twee aanlegplaatsen. Een trade off tussen de tijdswinst van één uur en de extra kosten van een extra aanlegplaats is hier op zijn plaats.

Eerder werd gesteld dat het verschil tussen het statische en het dynamische planningsprobleem inhiel, dat voor het statische planningsprobleem de te plannen schepen reeds in de haven aanwezig zijn vooraleer de toe te wijzen aanlegruimte vrijgekomen is. Bij het dynamische planningsprobleem hoeft dit niet, vermits de formulering wordt aangevuld met het concept “dode tijd”. Wanneer de toe te wijzen aanlegruimte (één of meerdere aanlegplaatsen) voortdurend bezet wordt, wordt de dynamische aanlegplanning herleidt tot het statische. Van dode tijd is geen sprake meer.

4.4 Het dynamische planningsprobleem, rekening houdend met prioriteiten

4.4.1 Formulering

Het probleem dat tot hiertoe werd behandeld hield geen rekening met prioriteit in termen van scheepsgrootte, behandelingsvolume, etc. Zoals eerder vermeld is de wachttijd voor ieder schip een deel van de totale bedieningstijd en gelijk aan de cumulatieve behandelingstijden van alle voorgaande schepen op dezelfde aanlegplaats. Stel bijvoorbeeld, dat de bediening van schip 1 gevolgd wordt door schepen 2 en 3, dan is de behandelingstijd van schip 1 een deel van de bedieningstijd van schepen 2 en 3. De behandelingstijd van een schip draagt bij tot de bedieningstijd van een volgend schip door deze behandelingstijd te vermenigvuldigen met een parameter die hoort bij het volgende schip. De doelfunctie ziet er nu als volgt uit (Imai et al., 2003):

$$\begin{aligned}
 \text{Minimaliseer} \quad & \sum_{i \in B} \sum_{j \in V} \sum_{k \in U} \left\{ C_{ij} + S_i - A_j + \sum_{l \in V} \sum_{m \in P_k} C_{il} x_{ilm} \right\} \alpha_j x_{ijk} \\
 & + \sum_{i \in B} \sum_{j \in W_i} \sum_{k \in U} \left\{ y_{ijk} + \sum_{i \in V} \sum_{m \in P_k} y_{ilm} \right\} \alpha_j \quad (11)
 \end{aligned}$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i \in B} \sum_{k \in U} x_{ijk} = 1 \quad \forall j \in V \quad (12)$$

$$\sum_{j \in V} x_{ijk} \leq 1 \quad \forall i \in B, k \in U \quad (13)$$

$$\sum_{l \in V} \sum_{m \in P_k} (C_{il} x_{ilm} - y_{ilm}) + y_{ijk} - (A_j - S_i) x_{ijk} \geq 0 \\
 \forall i \in B, j \in W_i, k \in U \quad (14)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in B, j \in V, k \in U \quad (15)$$

$$y_{ijk} \geq 0 \quad \forall i \in B, j \in V, k \in U \quad (16)$$

waarbij α_j een gewogen waarde voorstelt voor schip j .

Wanneer, bijvoorbeeld, prioriteit gezien wordt als een functie van het behandelde volume cargo van een schip, dan kan een oplossing bestaan uit het gebruik van cargovolume van schip j als gewogen factor α_j . De prioriteit van een schip kan afhangen van de totale containerdoorvoer per scheepslijn. Het behandelingsvolume van een schip is vaak gecorreleerd met de marktmacht van de rederij die het betreffende schip inzet. Wordt echter de voorkeur gegeven aan kleinere schepen (met kleine volumes te behandelen vracht), dan kan α_j gedefinieerd worden als de inverse van het cargovolume. Deze formulering heeft het voordeel dat elke vorm van gewogen factor aan ieder individueel schip kan verbonden worden. Wanneer een schip, omwille van hoogdringende redenen, snel moet behandeld worden, dan kan haar een hoge prioriteit toegewezen worden door een hoge waarde in de formulering toe te voegen (Imai et al., 2003).

4.4.2 De doelfunctie (11)

Nogmaals dient de nadruk gelegd op het feit dat de wachttijd van een schip op aanlegruimte een optelling is van de behandelingstijd van voorgaande schepen, die bediend worden op diezelfde aanlegplaats. De totale bedieningstijd van een schip in doelfunctie **(1)** (statische planningsprobleem) bestond daarom uit de som van twee termen, enerzijds de behandelingstijd van het betreffende schip en anderzijds het product van de behandelingstijd en de mogelijke wachtrij die zich achter dat schip bevindt. De laatste term diende als component van de wachttijd van de volgende schepen. In de formulering die rekening houdt met prioriteiten is het toegelaten dat ieder schip een specifieke prioriteit toegewezen krijgt. De prioriteit van een zeker schip moet daarom geassocieerd worden met $\sum_{i \in B} \sum_{k \in U} x_{ijk}$ en de cumulatieve bedieningstijdspanne van twee aangrenzende in bediening zijnde schepen tot dat schip, $\sum_{i \in B} \sum_{k \in U} y_{ijk}$. Met dit in het achterhoofd, kan de focus gelegd worden op de bedieningstijd van een bepaald schip, welke de som is van haar behandelingstijd, $(C_{ij} + S_i - A_j)x_{ijk}$, en haar wachttijd (= de cumulatieve behandelingstijd van vorige schepen op dezelfde

aanlegplaats, $\sum_{l \in V} \sum_{m \in P_k} (C_{il} x_{ilm}) x_{ijk}$. De eerste term van **(11)** is de totale bedieningstijd van het schip, gewogen door prioriteit α_j , zonder rekening te houden met de tijdspanne tussen 2 aangrenzende en in behandeling zijnde schepen op een aanlegplaats. Deze tijdspanne wordt meegerekend in de tweede term (Imai et al., 2003).

De doelfunctie is kwadratisch en het gaat dus om een niet-lineair programmeringsprobleem. Een niet – lineaire programmering vergt veel rekentijd van een computer. Ondanks veelvuldige pogingen om de formulering te vereenvoudigen blijft er een groot volume over aan berekeningen om dit probleem op te lossen (Imai et al, 2003). Om de oplossingsprocedure te vergemakkelijken kan gebruik gemaakt worden van een heuristiek, bijvoorbeeld op basis van genetische algoritmen (Nishimura et al., 2001). In deze eindverhandeling wordt hier niet verder op ingegaan door een gebrek aan vereiste gesofisticeerde software.

4.4.3 Toepassing op het planningsprobleem met prioriteiten

Het vorige planningsprobleem bevatte de parameters: aankomsttijd van de schepen, het tijdstip van vrijkomen van de aanlegplaatsen en de behandelingstijden van de schepen op de verschillende aanlegplaatsen. In de literatuurstudie werd reeds verwezen naar het planningsmodel waarbij de prioriteitsmaatstaf zijn intrede deed als parameter. Dit model kan dienstdoen als aanvulling op het vorige dynamische planningsmodel. Vooraleer we dit nieuwe model toepassen op het hiervoor uitgewerkte voorbeeld, moet de prioriteitsmaatstaf bepaald worden.

Stel, dat wanneer een schip zich op haar meest gewenste aanlegplaats bevindt, dan kunnen dertig containers (TEU) per uur overgeslagen worden. De behandelingstijd van de vier schepen op hun meest gewenste aanlegplaats waren als volgt:

Tabel 15 : meest gewenste aanlegplaats per schip met bijhorende behandelingstijd

Schip	Meest gewenste aanlegplaats	Behandelingstijd
1	3	2
2	2	3
3	3	3
4	2	5

De behandelingstijd (in uren) kan nu vermenigvuldigd worden met de productiviteit van 30 containers per uur en op die manier wordt het containervolume per schip bepaald. Het containervolume voor respectievelijk schip 1, 2, 3 en 4 komt dus overeen met 60, 90, 90 en 150 TEU.

Vervolgens kan de functiewaarde berekend worden voor elk van de optimale oplossingen voor de toepassing op het dynamische planningsmodel, hiervoor besproken. De doelfunctie van het prioriteitenmodel zag er als volgt uit:

Minimaliseer

$$\sum_{i \in B} \sum_{j \in V} \sum_{k \in U} \left\{ C_{ij} + S_i - A_j + \sum_{l \in V} \sum_{m \in P_k} C_{ilm} x_{ilm} \right\} \alpha_j x_{ijk}$$

$$+ \sum_{i \in B} \sum_{j \in W_i} \sum_{k \in U} \left\{ y_{ijk} + \sum_{l \in V} \sum_{m \in P_k} y_{ilm} \right\} \alpha_j \quad (11)$$

De parameter α_j hangt af van de keuze voor de schepen waar prioriteit aan gegeven wordt. Sommige rederijen zijn voorstander van een hogere prioriteit voor schepen met grote containervolumes, andere van een hogere prioriteit voor schepen met kleine containervolumes. Op beide alternatieven wordt vervolgens een toepassing gedaan.

Concreet is de prioriteitsparameter α_j gelijk aan het kwadraat van het containervolume (CV^2) wanneer prioriteit wordt gegeven aan schepen met grotere containervolumes. Bij prioriteit

voor schepen met kleinere containervolumes is α_j gelijk aan de inverse van het kwadraat van het containervolume ($1/CV^2$). De containervolumes worden gekwadrateerd om de prioriteitsmaatstaf te versterken.

Om het effect van de toevoeging van de parameter α_j te achterhalen, wordt de nieuwe functiewaarde – op basis van het prioriteitenmodel - berekend voor de reeds bij het dynamische planningsprobleem bekomen optimale oplossingen. Per optimale oplossing wordt vervolgens een omgeving gecreëerd door middel van een *local search* – heuristiek. Voor iedere nevenoplossing wordt de functiewaarde (prioriteitenmodel) berekend, welke daarop kan vergeleken worden met de oorspronkelijke optimale oplossing voor het dynamische planningsprobleem.

4.4.4 De adjacent – interchange omgeving

De initiële oplossingen, i.e. de optimale oplossingen voor het dynamische planningsprobleem, vertegenwoordigen een planning van vier taken, het aanleggen en het behandelen van elk van de vier schepen op één of meerdere aanlegplaatsen. Door deze taken ten opzichte van elkaar om te draaien, ontstaat een nieuwe oplossing. Wanneer deze wissel gebeurt op een systematische wijze, kan een omgeving gecreëerd worden. In deze omgeving kan gezocht worden naar een betere functiewaarde dan voor de initiële oplossing.

De omgeving voor een gegeven oplossing kan gevormd worden door twee aangrenzende taken uit de gegeven oplossing om te draaien. Dit wordt de *adjacent – interchange (AI)* omgeving genoemd.

Bijvoorbeeld: bij een oplossing {1, 2, 3, 4} bestaat de omgeving uit de elementen {2, 1, 3, 4}, {1, 3, 2, 4} en {1, 2, 4, 3} (Janssens, 2004).

4.4.5 Hogere prioriteit aan schepen met grotere containervolumes ($\alpha_j = CV^2$)

4.4.5.3 Aanlegplanning op één aanlegplaats

Initiële oplossing

De optimale oplossing van de aanlegplanning op één aanlegplaats (aanlegplaats 3) resulteert in de volgende berekening voor het prioriteitenmodel:

Schip 1 (x_{311})	$(2 + 1 - 0) * 60^2$	= 10.800
Schip 3 (x_{332})	$(3 + 1 - 2 + 2) * 90^2$	= 32.400
Schip 2 (x_{323})	$(4 + 1 - 2 + 3 + 2) * 90^2$	= 64.800
Schip 4 (x_{344})	$(6 + 1 - 3 + 4 + 3 + 2) * 150^2$	= 292.500

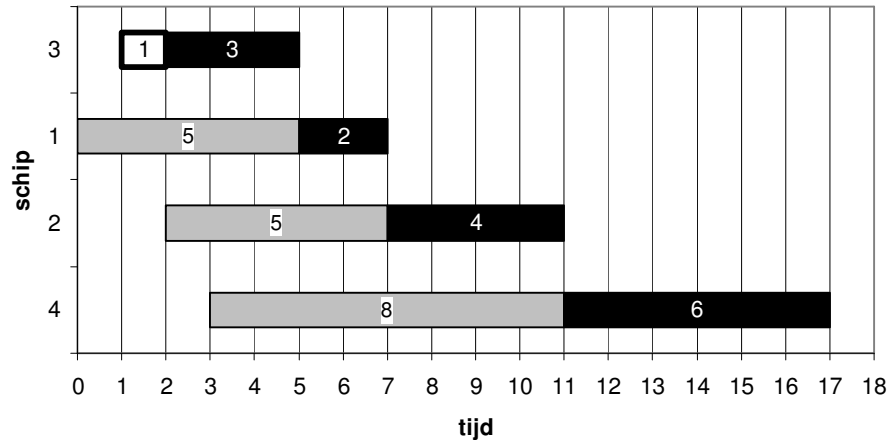
Dit resulteert in een totale functiewaarde van **400.500**.

De AI - omgeving voor de oplossing {1, 3, 2, 4} bestaat uit {3, 1, 2, 4}, {1, 2, 3, 4} en {1, 3, 4, 2}. Voor deze drie nevenoplossingen wordt vervolgens de functiewaarde volgens het prioriteitenmodel berekend.

Om te weten of er sprake is van *dode tijd* bij de nevenoplossingen, wordt bij iedere oplossing een staafdiagram met de betreffende planning gemaakt.

Eerste nevenoplossing: 3 – 1 – 2 – 4

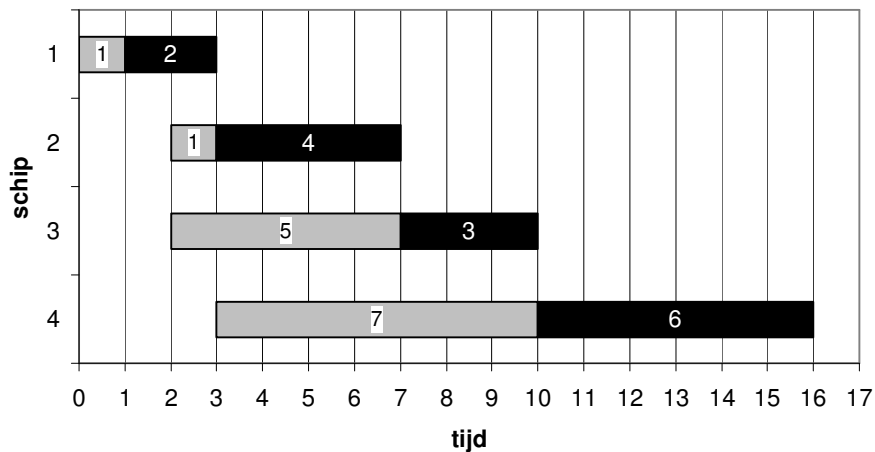
Figuur 16: eerste nevenoplossing voor het dynamische planningsprobleem op aanlegplaats 3



Schip 3 (x_{331})	$(3 + 1 - 2) * 90^2$	$+ 1 * 90^2 = 24.300$
Schip 1 (x_{312})	$(2 + 1 - 0 + 3) * 60^2$	$+ 1 * 60^2 = 25.200$
Schip 2 (x_{323})	$(4 + 1 - 2 + 2 + 3) * 90^2$	$+ 1 * 90^2 = 72.900$
Schip 4 (x_{344})	$(6 + 1 - 3 + 4 + 2 + 3) * 150^2$	$+ 1 * 150^2 = \underline{315.000}$
		437.400

Tweede nevenoplossing: 1 – 2 – 3 – 4

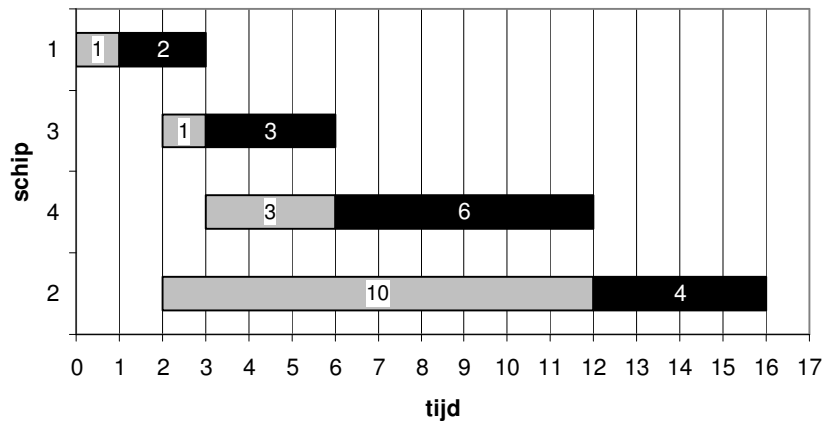
Figuur 17 : tweede nevenoplossing voor het dynamische planningsprobleem op aanlegplaats 3



Schip 1 (x_{311})	$(2 + 1 - 0) * 60^2$	= 10.800
Schip 2 (x_{322})	$(4 + 1 - 2 + 2) * 90^2$	= 40.500
Schip 3 (x_{333})	$(3 + 1 - 2 + 4 + 2) * 90^2$	= 64.800
Schip 4 (x_{344})	$(6 + 1 - 3 + 3 + 4 + 2) * 150^2$	= <u>292.500</u>
		408.600

Derde nevenoplossing: 1 - 3 - 4 - 2

Figuur 18 : derde nevenoplossing voor de dynamische aanlegplanning op aanlegplaats 3



Schip 1	$(2 + 1 - 0) * 60^2$	= 10.800
Schip 3	$(3 + 1 - 2 + 2) * 90^2$	= 32.400
Schip 4	$(6 + 1 - 3 + 3 + 2) * 150^2$	= 202.500
Schip 2	$(4 + 1 - 2 + 6 + 3 + 2) * 90^2$	= <u>113.400</u>
		359.100

4.4.5.2 Aanlegplanning op twee aanlegplaatsen

Initiële oplossing

Voor de optimale oplossing van de aanlegplanning op twee aanlegplaatsen (2 en 3) kan hetzelfde worden berekend:

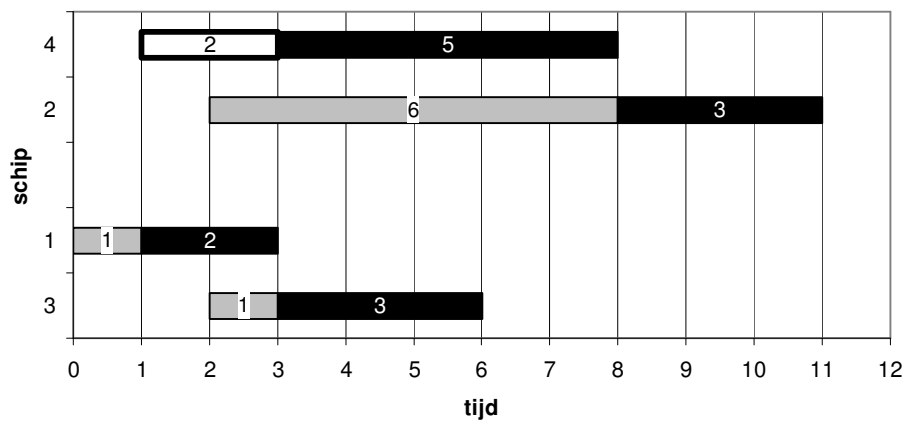
Schip 2 (x_{223})	$(3 + 1 - 2) * 90^2$	$+ 1 * 90^2$	$= 24.300$
Schip 4 (x_{244})	$(5 + 1 - 3 + 3) * 150^2$	$+ 1 * 150^2$	$= 157.500$
Schip 1 (x_{313})	$(3 + 1 - 0) * 60^2$		$= 14.400$
Schip 3 (x_{334})	$(3 + 1 - 2) * 90^2$		$= 16.200$

De totale functiewaarde bedraagt **212.400**.

De AI – omgeving bestaat uit {4, 2, 1, 3}, {2, 1, 4, 3} en {2, 4, 3, 1}.

Eerste nevenoplossing: 4 – 2 – 1 – 3

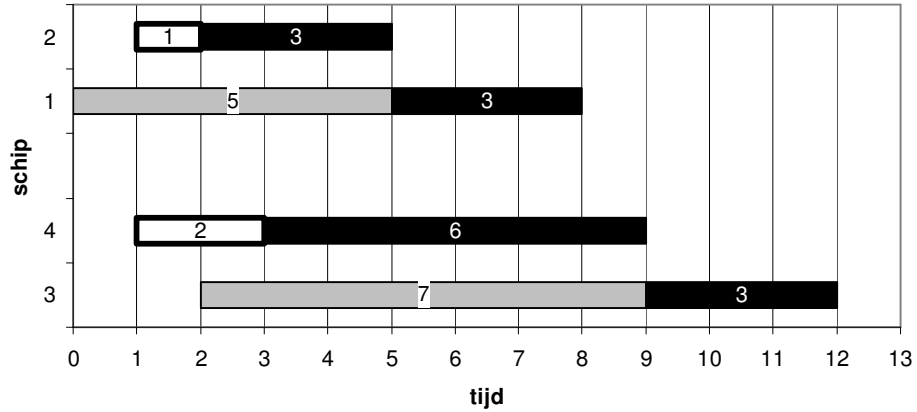
Figuur 19 : eerste nevenoplossing voor de aanlegplanning op aanlegplaatsen 2 & 3



Schip 4	$(5 + 1 - 3) * 150^2$	$+ 2 * 150^2$	$= 112.500$
Schip 2	$(3 + 1 - 2 + 5) * 90^2$	$+ 2 * 90^2$	$= 72.900$
Schip 1	$(2 + 1 - 0) * 60^2$		$= 10.800$
Schip 3	$(3 + 1 - 2 + 2) * 90^2$		$= \underline{32.400}$
			228.600

Tweede nevenoplossing: 2 – 1 – 4 – 3

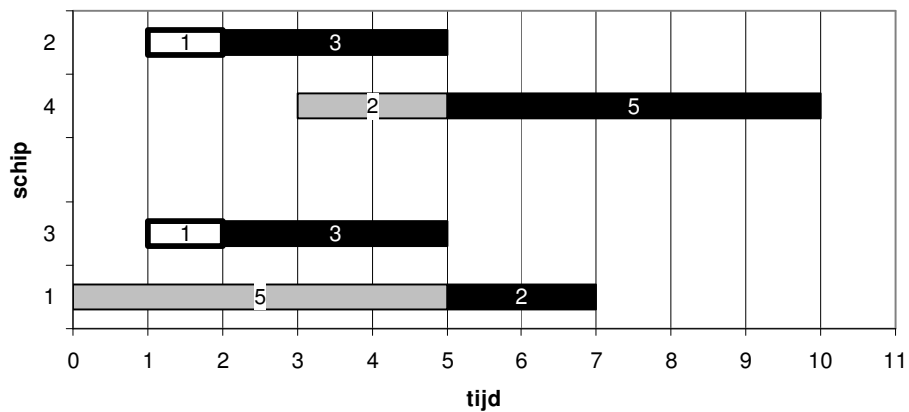
Figuur 20 : tweede nevenoplossing voor de dynamische aanlegplanning op aanlegplaats 2 & 3



Schip 2	$(3 + 1 - 2) * 90^2$	$+ 1 * 90^2$	$= 24.300$
Schip 1	$(3 + 1 - 0 + 3) * 60^2$	$+ 1 * 60^2$	$= 28.800$
Schip 4	$(6 + 1 - 3) * 150^2$	$+ 2 * 150^2$	$= 135.000$
Schip 3	$(3 + 1 - 2 + 6) * 90^2$	$+ 2 * 90^2$	$= \underline{81.000}$
			269.100

Derde nevenoplossing: 2 – 4 – 3 - 1

Figuur 21: derde nevenoplossing voor de dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 2 & 3



Schip 2	$(3 + 1 - 2) * 90^2$	$+ 1 * 90^2$	$= 24.300$
Schip 4	$(5 + 1 - 3 + 3) * 150^2$	$+ 1 * 150^2$	$= 157.500$

Schip 3	$(3 + 1 - 2) * 90^2$	$+ 1 * 90^2$	$= 24.300$
Schip 1	$(2 + 1 - 0 + 3) * 60^2$	$+ 1 * 60^2$	$= \underline{25.200}$
			231.300

4.4.5.3 Aanlegplanning op drie aanlegplaatsen

Vervolgens kan de functiewaarde voor de twee optimale oplossingen op drie aanlegplaatsen berekend worden.

Initiële oplossing 1

de planning op de aanlegplaatsen 1, 2 en 3:

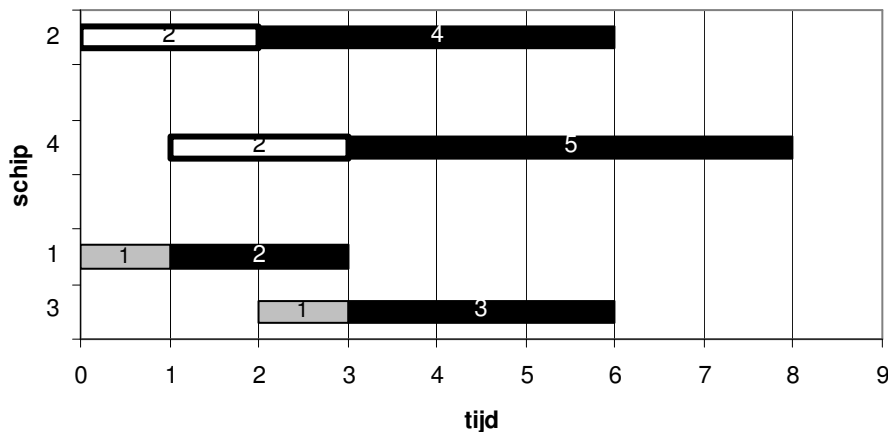
Schip 4 (x_{144})	$(6 + 0 - 3) * 150^2$	$+ 3 * 150^2$	$= 135.000$
Schip 2 (x_{224})	$(3 + 1 - 2) * 90^2$	$+ 1 * 90^2$	$= 24.300$
Schip 1 (x_{313})	$(2 + 1 - 0) * 60^2$		$= 10.800$
Schip 3 (x_{334})	$(3 + 1 - 2 + 2) * 90^2$		$= 32.400$

De functiewaarde is gelijk aan **202.500**.

De AI – omgeving bestaat uit {2, 4, 1, 3}, {4, 1, 2, 3} en {4, 2, 3, 1}.

Eerste nevenoplossing: 2 – 4 – 1 – 3

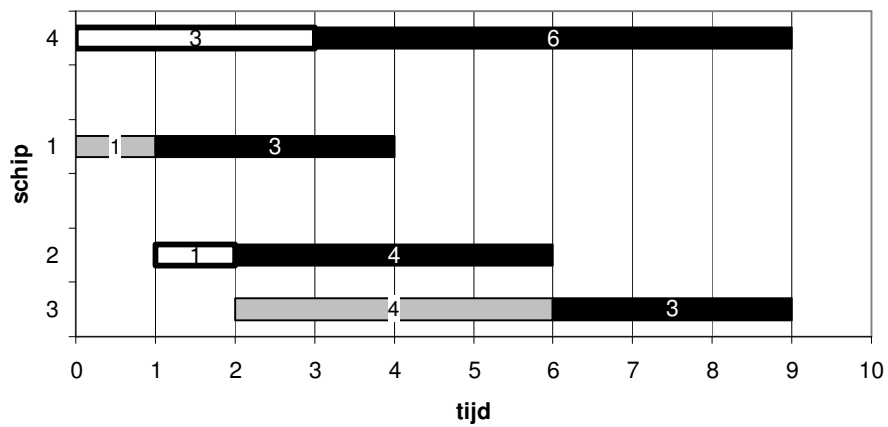
Figuur 22: eerste nevenoplossing voor de aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2 & 3



Schip 2	$(4 + 0 - 2) * 90^2$	$+ 2 * 90^2$	$= 32.400$
Schip 4	$(5 + 1 - 3) * 150^2$	$+ 2 * 150^2$	$= 112.500$
Schip 1	$(2 + 1 - 0) * 60^2$		$= 10.800$
Schip 3	$(3 + 1 - 2 + 2) * 90^2$		$= \underline{32.400}$
			188.100

Tweede nevenoplossing: 4 - 1 - 2 - 3

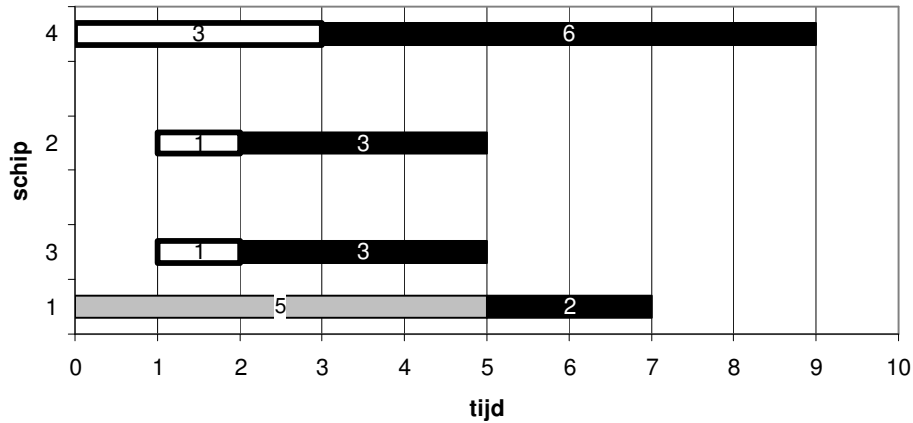
Figuur 23: tweede nevenoplossing voor de dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2 & 3



Schip 4	$(6 + 0 - 3) * 150^2$	$+ 3 * 150^2$	$= 135.000$
Schip 1	$(3 + 1 - 0) * 60^2$		$= 14.400$
Schip 2	$(4 + 1 - 2) * 90^2$	$+ 1 * 90^2$	$= 32.400$
Schip 3	$(3 + 1 - 2 + 4) * 90^2$	$+ 1 * 90^2$	$= \underline{56.700}$
			238.500

Derde nevenoplossing: 4 – 2 – 3 - 1

Figuur 24: derde nevenoplossing voor de dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2 & 3



Schip 4	$(6 + 0 - 3) * 150^2$	$+ 3 * 150^2$	$= 135.000$
Schip 2	$(3 + 1 - 2) * 90^2$	$+ 1 * 90^2$	$= 24.300$
Schip 3	$(3 + 1 - 2) * 90^2$	$+ 1 * 90^2$	$= 24.300$
Schip 1	$(2 + 1 - 0 + 3) * 60^2$	$+ 1 * 60^2$	$= \underline{25.200}$
			208.800

Initiële oplossing 2

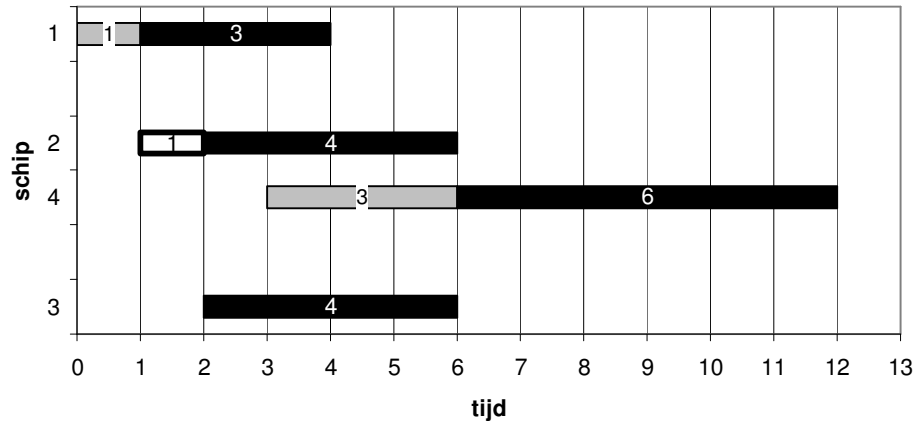
de planning op de aanlegplaatsen 2, 3 en 4:

Schip 2 (x_{224})	$(3 + 1 - 2) * 90^2$	$+ 1 * 90^2$	$= 24.300$
Schip 1 (x_{313})	$(2 + 1 - 0) * 60^2$		$= 10.800$
Schip 4 (x_{344})	$(6 + 1 - 3 + 2) * 150^2$		$= 135.000$
Schip 3 (x_{434})	$(4 + 2 - 2) * 90^2$		$= 32.400$

Dit resulteert in een functiewaarde van **202.500**.

Eerste nevenoplossing: 1 – 2 – 4 - 3

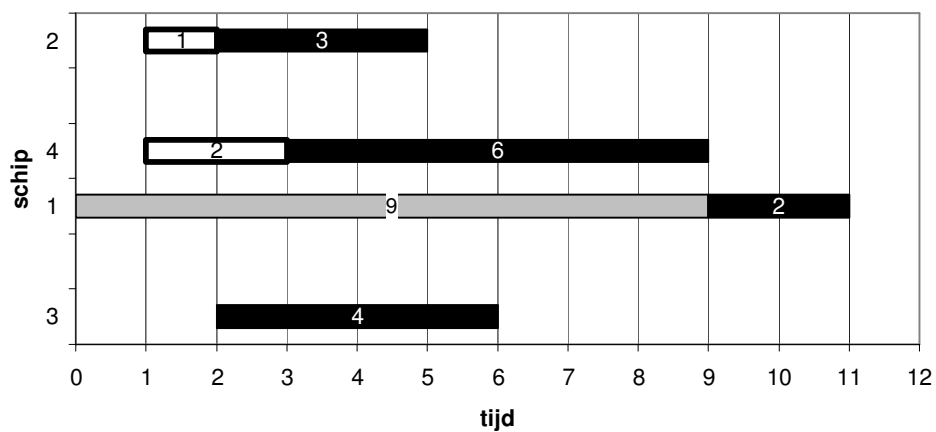
Figuur 25: eerste nevenoplossing voor de dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 2, 3 & 4



Schip 1	$(3 + 1 - 0) * 60^2$		= 14.400
Schip 2	$(4 + 1 - 2) * 90^2$	+ 1 * 90 ²	= 32.400
Schip 4	$(6 + 1 - 3 + 4) * 150^2$	+ 1 * 150 ²	= 202.500
Schip 3	$(4 + 2 - 2) * 90^2$		= <u>32.400</u>
			281.700

Tweede nevenoplossing: 2 – 4 – 1 – 3

Figuur 26: tweede nevenoplossing voor dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 2, 3 & 4

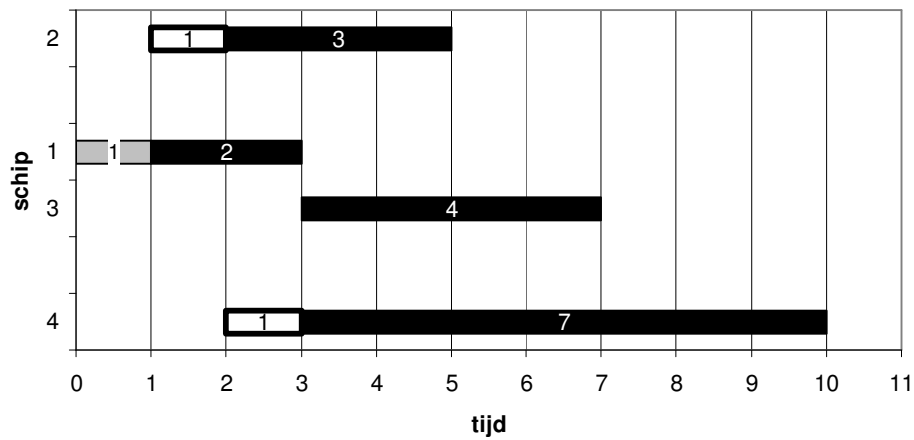


Schip 2	$(3 + 1 - 2) * 90^2$	+ 1 * 90 ²	= 24.300
---------	----------------------	-----------------------	----------

Schip 4	$(6 + 1 - 3) * 150^2$	$+ 2 * 150^2$	$= 135.000$
Schip 1	$(2 + 1 - 0 + 6) * 60^2$	$+ 2 * 60^2$	$= 39.600$
Schip 3	$(4 + 2 - 2) * 90^2$		$= \underline{32.400}$
			231.300

Derde nevenoplossing: 2 – 1 – 3 – 4

Figuur 27: derde nevenoplossing voor het dynamische planningsprobleem op aanlegplaatsen 2, 3 & 4



Schip 2	$(3 + 1 - 2) * 90^2$	$+ 1 * 90^2$	$= 24.300$
Schip 1	$(2 + 1 - 0) * 60^2$		$= 10.800$
Schip 3	$(4 + 1 - 3 + 2) * 90^2$		$= 32.400$
Schip 4	$(7 + 2 - 3) * 150^2$	$+ 1 * 150^2$	$= \underline{157.500}$
			225.000

Tot slot kan de nieuwe functiewaarde berekend worden voor de planning op de vier aanlegplaatsen. Deze waarde komt echter overeen met de functiewaarde voor de planning op de aanlegplaatsen 1, 2 en 3, vermits beide problemen tot dezelfde planning resulteerden.

In twee nevenoplossingen wordt een betere functiewaarde gevonden dan bij de initiële oplossing. De derde nevenoplossing (1 – 3 – 4 – 2) van de aanlegplanning op aanlegplaats 3,

resulteert in een functiewaarde van 359.100, terwijl de initiële oplossing een functiewaarde betrof van 400.500. Ook bij de aanlegplanning op drie aanlegplaatsen wordt een betere functiewaarde gevonden bij één van de nevenoplossingen. De functiewaarde van de initiële oplossing (4 - 2 - 1 - 3) werd verbeterd bij de eerste nevenoplossing (2 - 4 - 1 - 3). Voor de planning op twee aanlegplaatsen werd in de AI - omgeving geen betere functiewaarde gevonden dan bij de initiële oplossing.

4.4.6 Hogere prioriteit aan schepen met kleinere containervolumes ($\alpha_j = 1/CV^2$)

De literatuur gaf eerder al aan dat ook aan schepen met relatief kleine containervolumes een hogere prioriteit kan toegewezen worden. De functiewaarden kunnen dus opnieuw berekend worden, ditmaal met α_j gelijk aan de inverse van het gekwadrateerde containervolume.

De omgeving van de initiële oplossingen blijft dezelfde als voor de prioriteit aan schepen met grotere containervolumes, enkel de berekening van de functiewaarde verandert.

4.4.6.1 Aanlegplanning op één aanlegplaats

Initiële oplossing

De optimale oplossing van de aanlegplanning op één aanlegplaats (aanlegplaats 3) resulteert in de volgende berekening voor het prioriteitenmodel:

Schip 1 (x_{311})	$(2 + 0 - 0) * 1/60^2$	= 0,000555556
Schip 3 (x_{332})	$(3 + 0 - 2 + 2) * 1/90^2$	= 0,00037037
Schip 2 (x_{323})	$(4 + 0 - 2 + 3 + 2) * 1/90^2$	= 0,000864198
Schip 4 (x_{344})	$(6 + 0 - 3 + 4 + 3 + 2) * 1/150^2$	= 0,000533333

Dit resulteert in een totale functiewaarde van **0,002323457**.

Eerste nevenoplossing: 3 – 1 – 2 – 4

Schip 3 (x_{331})	$(3 + 1 - 2) * 1/90^2$	$+ 1 * 1/90^2 = 0,00037037$
Schip 1 (x_{312})	$(2 + 1 - 0 + 3) * 1/60^2$	$+ 1 * 1/60^2 = 0,00194444$
Schip 2 (x_{323})	$(4 + 1 - 2 + 2 + 3) * 1/90^2$	$+ 1 * 1/90^2 = 0,00111111$
Schip 4 (x_{344})	$(6 + 1 - 3 + 4 + 2 + 3) * 1/150^2$	$+ 1 * 1/150^2 = \underline{0,00062222}$
		0,00404814

Tweede nevenoplossing: 1 – 2 – 3 – 4

Schip 1 (x_{311})	$(2 + 1 - 0) * 1/60^2$	$= 0,00083333$
Schip 2 (x_{322})	$(4 + 1 - 2 + 2) * 1/90^2$	$= 0,00061728$
Schip 3 (x_{333})	$(3 + 1 - 2 + 4 + 2) * 1/90^2$	$= 0,00098765$
Schip 4 (x_{344})	$(6 + 1 - 3 + 3 + 4 + 2) * 1/150^2$	$= \underline{0,00057778}$
		0,00301604

Derde nevenoplossing: 1 – 3 – 4 – 2

Schip 1	$(2 + 1 - 0) * 1/60^2$	$= 0,00083333$
Schip 3	$(3 + 1 - 2 + 2) * 1/90^2$	$= 0,00049383$
Schip 4	$(6 + 1 - 3 + 3 + 2) * 1/150^2$	$= 0,0004$
Schip 2	$(4 + 1 - 2 + 6 + 3 + 2) * 1/90^2$	$= \underline{0,00172840}$
		0,00345556

4.4.6.2 Aanlegplanning op twee aanlegplaatsen

Initiële oplossing

Voor de optimale oplossing van de aanlegplanning op twee aanlegplaatsen (2 en 3) kan hetzelfde worden berekend:

Schip 2 (x_{223})	$(3 + 1 - 2) * 1/90^2$	$+ 1 * 1/90^2 = 0,00037037$
Schip 4 (x_{244})	$(5 + 1 - 3 + 3) * 1/150^2$	$+ 1 * 1/150^2 = 0,000311111$

Schip 1 (x_{313})	$(3 + 1 - 0) * 1/60^2$	= 0,001111111
Schip 3 (x_{334})	$(3 + 1 - 2) * 1/90^2$	= 0,000246914

De totale functiewaarde bedraagt **0,002039506**.

Eerste nevenoplossing: 4 - 2 - 1 - 3

Schip 4	$(5 + 1 - 3) * 1/150^2$	+ 2 * $1/150^2$	= 0,00022222
Schip 2	$(3 + 1 - 2 + 5) * 1/90^2$	+ 2 * $1/90^2$	= 0,00111111
Schip 1	$(2 + 1 - 0) * 1/60^2$		= 0,00083333
Schip 3	$(3 + 1 - 2 + 2) * 1/90^2$		= <u>0,00049383</u>
			0,00266049

Tweede nevenoplossing: 2 - 1 - 4 - 3

Schip 2	$(3 + 1 - 2) * 1/90^2$	+ 1 * $1/90^2$	= 0,00037037
Schip 1	$(3 + 1 - 0 + 3) * 1/60^2$	+ 1 * $1/60^2$	= 0,00222222
Schip 4	$(6 + 1 - 3) * 1/150^2$	+ 2 * $1/150^2$	= 0,00026667
Schip 3	$(3 + 1 - 2 + 6) * 1/90^2$	+ 2 * $1/90^2$	= <u>0,00123457</u>
			0,00409383

Derde nevenoplossing: 2 - 4 - 3 - 1

Schip 2	$(3 + 1 - 2) * 1/90^2$	+ 1 * $1/90^2$	= 0,00037037
Schip 4	$(5 + 1 - 3 + 3) * 1/150^2$	+ 1 * $1/150^2$	= 0,00031111
Schip 3	$(3 + 1 - 2) * 1/90^2$	+ 1 * $1/90^2$	= 0,00037037
Schip 1	$(2 + 1 - 0 + 3) * 1/60^2$	+ 1 * $1/60^2$	= <u>0,00194444</u>
			0,00299629

4.4.6.3 Aanlegplanning op drie aanlegplaatsen

Initiële oplossing 1

de planning op de aanlegplaatsen 1, 2 en 3:

Schip 4 (x_{144})	$(6 + 0 - 3) * 1/150^2$	$+ 3 * 1/150^2$	$= 0,000266667$
Schip 2 (x_{224})	$(3 + 1 - 2) * 1/90^2$	$+ 1 * 1/90^2$	$= 0,00037037$
Schip 1 (x_{313})	$(2 + 1 - 0) * 1/60^2$		$= 0,000833333$
Schip 3 (x_{334})	$(3 + 1 - 2 + 2) * 1/90^2$		$= 0,000493827$

De functiewaarde is gelijk aan **0,001964197**.

Eerste nevenoplossing: 2 - 4 - 1 - 3

Schip 2	$(4 + 0 - 2) * 1/90^2$	$+ 2 * 1/90^2$	$= 0,00049383$
Schip 4	$(5 + 1 - 3) * 1/150^2$	$+ 2 * 1/150^2$	$= 0,00022222$
Schip 1	$(2 + 1 - 0) * 1/60^2$		$= 0,00083333$
Schip 3	$(3 + 1 - 2 + 2) * 1/90^2$		$= \underline{0,00049383}$
			0,00204321

Tweede nevenoplossing: 4 - 1 - 2 - 3

Schip 4	$(6 + 0 - 3) * 1/150^2$	$+ 3 * 1/150^2$	$= 0,00026667$
Schip 1	$(3 + 1 - 0) * 1/60^2$		$= 0,00111111$
Schip 2	$(4 + 1 - 2) * 1/90^2$	$+ 1 * 1/90^2$	$= 0,00049383$
Schip 3	$(3 + 1 - 2 + 4) * 1/90^2$	$+ 1 * 1/90^2$	$= \underline{0,00086520}$
			0,00273681

Derde nevenoplossing: 4 – 2 – 3 – 1

Schip 4	$(6 + 0 - 3) * 1/150^2$	$+ 3 * 1/150^2$	$= 0,00026667$
Schip 2	$(3 + 1 - 2) * 1/90^2$	$+ 1 * 1/90^2$	$= 0,00037037$
Schip 3	$(3 + 1 - 2) * 1/90^2$	$+ 1 * 1/90^2$	$= 0,00037037$
Schip 1	$(2 + 1 - 0 + 3) * 1/60^2$	$+ 1 * 1/60^2$	$= \underline{0,00194444}$
			0,00295185

Initiële oplossing 2

de planning op de aanlegplaatsen 2, 3 en 4:

Schip 2 (x_{224})	$(3 + 1 - 2) * 1/90^2$	$+ 1 * 1/90^2$	$= 0,00037037$
Schip 1 (x_{313})	$(2 + 1 - 0) * 1/60^2$		$= 0,0008333333$
Schip 4 (x_{344})	$(6 + 1 - 3 + 2) * 1/150^2$		$= 0,000266667$
Schip 3 (x_{434})	$(4 + 2 - 2) * 1/90^2$		$= 0,000493827$

Dit resulteert in een functiewaarde van **0,001964197**.

Eerste nevenoplossing: 1 – 2 – 4 – 3

Schip 1	$(3 + 1 - 0) * 1/60^2$		$= 0,00111111$
Schip 2	$(4 + 1 - 2) * 1/90^2$	$+ 1 * 1/90^2$	$= 0,00049383$
Schip 4	$(6 + 1 - 3 + 4) * 1/150^2$	$+ 1 * 1/150^2$	$= 0,0004$
Schip 3	$(4 + 2 - 2) * 1/90^2$		$= \underline{0,00049383}$
			0,00249877

Tweede nevenoplossing: 2 – 4 – 1 – 3

Schip 2	$(3 + 1 - 2) * 1/90^2$	$+ 1 * 1/90^2$	$= 0,00037037$
Schip 4	$(6 + 1 - 3) * 1/150^2$	$+ 2 * 1/150^2$	$= 0,00026667$

Schip 1	$(2 + 1 - 0 + 6) * 1/60^2$	$+ 2 * 1/60^2$	$= 0,00305556$
Schip 3	$(4 + 2 - 2) * 1/90^2$		$= \underline{0,00049383}$
			0,00418643

Derde nevenoplossing: 2 - 1 - 3 - 4

Schip 2	$(3 + 1 - 2) * 1/90^2$	$+ 1 * 1/90^2$	$= 0,00037037$
Schip 1	$(2 + 1 - 0) * 1/60^2$		$= 0,00083333$
Schip 3	$(4 + 1 - 3 + 2) * 1/90^2$		$= 0,00049383$
Schip 4	$(7 + 2 - 3) * 1/150^2$	$+ 1 * 1/150^2$	$= \underline{0,00031111}$
			0,00200864

De nieuwe functiewaarde voor de aanlegplanning op vier aanlegplaatsen is opnieuw dezelfde als bij de planning op drie aanlegplaatsen.

Bij deze toepassing werd geen betere oplossing gevonden in de omgeving van de initiële oplossingen.

4.5 Totaaloverzicht van de resultaten

Tabel 16: overzicht van de functiewaarden van de initiële - en nevenoplossingen voor het dynamische planningsmodel en het dynamische planningsmodel met prioriteiten

			dynamisch	dynamisch met prioriteiten	
				$\alpha_j = CV^2$	$\alpha_j = 1/CV^2$
één aanlegplaats (3)	IO	1 - 3 - 2 - 4	28	400.500	0,002323457
	NO 1	3 - 1 - 2 - 4	33	437.400	0,00404814
	NO 2	1 - 2 - 3 - 4	29	408.600	0,00301604
	NO 3	1 - 3 - 4 - 2	30	359.100	0,00345556
twee aanlegplaatsen (2 & 3)	IO	2 - 4 - 1 - 3	17	212.400	0,002039506
	NO 1	4 - 2 - 1 - 3	21	228.600	0,00266049
	NO 2	2 - 1 - 4 - 3	28	269.100	0,00409383
	NO 3	2 - 4 - 3 - 1	20	231.300	0,00299629
drie aanlegplaatsen (1, 2 & 3)	IO	4 - 2 - 1 - 3	16	202.500	0,001964197
	NO 1	2 - 4 - 1 - 3	16	188.100	0,00204321
	NO 2	4 - 1 - 2 - 3	22	238.500	0,00273681
	NO 3	4 - 2 - 3 - 1	19	208.800	0,00295185
drie aanlegplaatsen (2, 3 & 4)	IO	2 - 1 - 4 - 3	16	202.500	0,001964197
	NO 1	1 - 2 - 4 - 3	21	281.700	0,00249877
	NO 2	2 - 4 - 1 - 3	24	231.300	0,00418643
	NO 3	2 - 1 - 3 - 4	17	225.000	0,00200864

IO = initiële oplossing

NO = nevenoplossing

Voor het dynamische planningsprobleem zijn de initiële oplossingen de meest optimale. Dit is logisch, vermits de optimale oplossingen verkregen werden door het programma LINDO.

Bij het bekijken van de functiewaarden voor het dynamische planningsprobleem met prioriteiten wordt duidelijk dat niet altijd de initiële oplossing het meest optimaal blijft. Dit is het geval voor de dynamische aanlegplanning op aanlegplaats 3 met prioriteit voor grotere schepen ($\alpha_j = CV^2$). De derde nevenoplossing is daar namelijk de meest optimale. Ook bij de dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2 en 3 met prioriteit voor grotere schepen komt een nieuwe optimale oplossing naar voor. De eerste nevenoplossing heeft nu de optimale functiewaarde.

Het is fout te concluderen dat de meest optimale oplossing zich in bovenstaande tabel bevindt. Slecht een beperkte omgeving werd onderzocht. Vermits dit een kleinschalig probleem betreft, zou met behulp van software de hele omgeving onderzocht kunnen worden.

Wanneer in praktijk een veel groter probleem dient te worden beschouwd, met een groter aantal aanlegplaatsen en een groter aantal te behandelen schepen, zal een software niet altijd in staat zijn om de ganse omgeving van een probleem te onderzoeken. Op dat moment zal beroep worden gedaan op heuristische die slechts een deel van de omgeving onderzoeken, maar waarbij toch goede resultaten kunnen worden gehaald.

HOOFDSTUK V CONCLUSIES EN SUGGESTIES VOOR BIJKOMEND ONDERZOEK

5.1 Conclusies

De literatuur indiceert dat fysieke uitbreiding van havens door het bouwen van nieuwe terminals, gelimiteerd wordt door een gebrek aan ruimte. Dit vormt de voornaamste motivering om de grootste aandacht te vestigen op de interne processen die zich afspelen binnen de haveninfrastructuren. Opdat deze interagerende processen efficiënt worden uitgevoerd, dienen zij ondersteund te worden door simulaties en optimalisatietechnieken.

De basis van het dynamische planningsmodel wordt gevormd door het statische planningsmodel. Door een analyse van het statische planningsmodel kon worden besloten dat dit planningsmodel van toepassing is voor een zeer druk bezette havenkade, waar geen sprake is van dode tijd voor een aanlegplaats. De formulering van het statische planningsmodel is lineair waardoor de optimale oplossing gemakkelijk kon gevonden worden.

In het dynamische planningsmodel wordt een nieuw concept opgenomen, dode tijd. Op die manier wordt rekening gehouden met de tijdspanne dat een aanlegplaats niet bezet en bijgevolg niet productief is. Omdat de formulering lineair blijft, kon ook bij het dynamische planningsmodel op een eenvoudige manier het optimum gevonden worden.

Het dynamische planningsmodel neemt hierop een nieuwe parameter op, de prioriteitsmaatstaf. Dit heeft tot gevolg dat de formulering een kwadratische doelfunctie krijgt. Door een omgevingsonderzoek kon wel aangetoond worden dat, ondanks de kleine schaal van de probleemtoepassing, de resultaten van het dynamische planningsmodel met prioriteiten niet altijd overeenkwamen met de resultaten van het dynamische planningsmodel. De kans dat het optimum werd gevonden, is echter zeer klein, vermits slechts een zeer beperkte omgeving werd onderzocht.

Door middel van software had voor dit kleinschalige planningsprobleem de volledige omgeving onderzocht kunnen worden. Dit gegeven had voor mij wel geen relevantie, daar werd beoogd aan te tonen dat de resultaten (de optima) voor het dynamische planningsprobleem anders zouden zijn bij de opname van een prioriteitsmaatstaf. Die doelstelling werd enkel aangetoond voor het probleem waarbij de grootste prioriteit werd toegekend aan grotere schepen. Dit zou echter vooral te wijten kunnen zijn aan de beperkte omgeving die werd onderzocht.

Het dynamische planningsmodel met prioriteiten houdt ook een indicatie in, dat wanneer een parameter wordt opgenomen, de formulering van het model ook steeds complexer wordt en optima moeilijker gevonden kunnen worden. Vanaf het moment dat formuleringen niet lineair meer zijn en de schaal van de planningsproblemen groter wordt, groeit de noodzaak aan relevante planningssoftware. Op die manier kan een al dan niet beperkte omgeving van het planningsprobleem op een efficiënte manier onderzocht worden, waardoor een goede oplossing kan worden gevonden.

De resultaten (bekomen functiewaarden) voor het statische en dynamische planningsprobleem indiceren dat de optimale functiewaarden steeds beter worden naarmate meer aanlegplaatsen voor handen zijn. De functiewaarden blijven echter niet verbeteren, maar stagneren bij een bepaald aantal aanlegplaatsen. Zo was de meest optimale oplossing, de aanlegplanning op drie aanlegplaatsen en bleek een vierde beschikbare aanlegplaats overbodig te zijn. Bij de statische aanlegplanning werd de vierde aanlegplaats nog effectief gebruikt, maar was de functiewaarde (de som van wacht – en behandelingstijden) niet verbeterd. Bij het dynamische planningsprobleem werd de vierde aanlegplaats niet eens gebruikt en was de planning gelijk aan de optimale oplossing voor drie aanlegplaatsen.

Natuurlijk valt dit niet te veralgemenen, omdat de planning afhangt van behandelingstijden van betreffende schepen en hun aankomsttijden, maar het toont aan dat optimale planning op basis van optimalisatietechnieken een efficiënter resultaat beoogt dan planning op basis van willekeur en improvisatie.

5.2 *Suggesties voor bijkomend onderzoek*

In deze eindverhandeling werd het prioriteitenmodel besproken en onderzocht. De prioriteitsmaatstaf werd afhankelijk gesteld van het containervolume. In een volgend onderzoek kan gezocht worden naar andere prioriteitsmaatstaven, die mede een realistisch beeld geven van de economische werkelijkheid.

Betreffende de toewijzing van aanlegruimte aan schepen, zouden planningsmodellen met andere parameters onderzocht kunnen worden. Het betrekken van fysieke beperkingen is hier een voorbeeld van. Nishimura, Imai en Papadimitrou (2001) ontwikkelden reeds een model waarin de lengte en de diepte van de schepen, samen met de diepte van de aanlegplaats werden opgenomen. Zoals bij de beschouwing van het planningsmodel met prioriteiten wordt een niet – lineaire formulering geconstateerd, waardoor voor grote problemen een beperkt omgevingsonderzoek moet worden gedaan om aan goede oplossingen te komen.

Daarom is het ook aan te raden om zulk onderzoek aan te vangen met de ondersteuning van software, die een goed omgevingsonderzoek mogelijk maakt.

Daarnaast kan de efficiëntie onderzocht worden bij de activiteiten die volgen op de aanleg van schepen, zoals het laden en het lossen van de vracht, het opslaan van de vracht en het transport van de vracht naar het hinterland. Ondersteuning door simulaties en optimalisaties is hiermee onlosmakelijk verbonden.

Lijst van de geraadpleegde werken

Cordeau, J.-F., Gaudioso, M., Laporte, G., Legato, P. & Moccia, L. (2002). Solving Berth Scheduling and Yard Management Problems at the Gioia Tauro Maritime Terminal.

Dai, J. G., Lin, W., Moorthy, R. & Teo, C. P. (2003). Berth allocation planning optimization in container terminal. Submitted to *Operations Research*

de Weerd, J. (1990). de wereld van de zeevrachtvaart. Schoonhoven: Academic Service, pp. 182-183

Frankel, E.G. (1987). Port Planning and Development. New York: John Wiley & Sons

Gallagher, J. (februari 2006). Port Challenges Ahead for Retailers. *Traffic World*, pp. 43

Gallup, J. L. & Sachs, J.D. (1998). Geography and Economic Development. *working paper, Harvard Institute of International Studies*, Massachusetts, USA: Cambridge, pp. 43

Haezendonck, E. (2001). Essays on strategy analysis for seaports. Leuven/Apeldoorn: Garant

Haezendonck, E., Moglia, F., Steenssens, C., Van Hooydonk, E., Coeck, C. & Notteboom, T. (1999). Aspecten van havencompetitiviteit, Finaal onderzoeksrapport. Geconcerteerde Onderzoeksactie 1995-1998

Henesey, L.E. (2004a). Enhancing Container Terminal Performance: a Multi Agent Systems Approach. PhD. Lic. Thesis. Karlshamn, Sweden. ISBN 91-7295-040-4.

Henesey, L.E. (2004b). Improving Container Terminal Performance: A literature survey.

Henesey, L. E., Davidsson, P. & Persson, J.A. (2004). The Use of Simulation in Evaluating Berth Allocation at a Container Terminal. *Proceedings of the 3rd International Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries, Sigüenza, Spanje*, pp. 61-72

Henesey, L. E., Wernstedt, F. & Davidsson, P. (2003). Market-Driven Control in Container Terminal Management. *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries, Hamburg, Duitsland*, pp. 377-386

Imai, A., Nishimura, E. & Papadimitriou, S. (2001). The dynamic berth allocation problem for a container port. *Transportation Research Part B*, 35, pp. 401-417

Imai, A., Nishimura, E. & Papadimitriou, S. (2003). Berth allocation with service priority. *Transportation Research Part B*, 37, pp. 437-457

Jansson, J.O. en Shneerson, D. (1982). Port economics. Cambridge, Massachusetts and London: The MIT Press, pp. 9.

Kia, M., Shayan, E. & Ghotb, F. (1999). The importance of information technology in port terminals operations. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 30(4), pp. 331-344

Kuiler, H.C. (1973). Inleiding uit de vervoers- en haven economie. Rotterdam: Universitaire Pers

Lagneaux, F. - Nationale Bank van België (juni 2004). Economisch belang van de Vlaamse zeehavens: verslag 2002. *NBB Working Paper*, no. 56

Meersman, H., Van de Voorde, E., Van Hooydonk, E., Verbeke, A., Winkelmanns, W., Huybrecht, M. (2002). Port Competitiveness. Antwerpen: De Boeck, pp. 4

Mitchell, M. (1998). *An Introduction to Genetic Algorithms*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, pp. 8-9

Newman, D. & Walder, J.H. (2003). Federal ports policy, *Maritime Policy Management*, 30(2), pp.151-163

Nishimura, E., Imai, A. & Papadimitriou, S. (2001). Berth allocation planning in the public berth system by genetic algorithms. *European Journal of Operational Research*, 131, 282-292

N. N., Doubling the Berth Rate (mei 2000). *Global Business*, pp. 52-58

N. N., At the Port of Baltimore, speed is our specialty (januari 2006). *Journal of Commerce*, pp. 46

N.N., Port Of Singapore Sets Records (januari 2006). *Journal of Commerce*, pp. 10

Smith, A. (1776), *An inquiry into the nature and the causes of The Wealth of Nations*. Londen: Strahan, Cadell and Davies.

Stopford, M. (1997). *Maritime Economics*. London: Routledge, pp. 515-516

Tirschwell, P. (mei 2005). 'Berth' of a revolution. *Journal of Commerce*

Lijst van figuren

Figuur 1: bovenaanzicht op drie terminals in Singapore	- 19 -
Figuur 2: aanlegplanning met maximaal gebruik van aanlegruimte.....	- 21 -
Figuur 3: MUT Burchardkai in Hamburg.....	- 23 -
Figuur 4: Multi - User Terminal met vier aanlegplaatsen.....	-26 -
Figuur 5: statische aanlegplanning op aanlegplaats 3.....	- 32 -
Figuur 6: statische aanlegplanning op aanlegplaatsen 2 (schip 2 & 4) & 3 (schip 1 & 3).....	- 33 -
Figuur 7 : statische aanlegplanning op aanlegplaatsen 1 (schip 4), 2 (schip 2) & 3 (schip 1 & 3).....	- 34 -
Figuur 8 : statische aanlegplanning op aanlegplaatsen 1 (schip 4), 2 (schip 2), 3 (schip 1) & 4 (schip 3).....	- 35 -
Figuur 9 : aanlegplanning voor veertien schepen aan drie aanlegplaatsen	- 38 -
Figuur 10 : een dynamische toewijzing aan aanlegplaats i	- 38 -
Figuur 11 : dynamische aanlegplanning op aanlegplaats 3	- 41 -
Figuur 12 : dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 2 (schip 2 & 4) & 3 (schip 1 & 3).....	- 42 -
Figuur 13: dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 1 (schip 4), 2 (schip 2) & 3 (schip 1 & 3).....	- 43 -
Figuur 14 : dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 2, 3 & 4.....	- 44 -
Figuur 15 : dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 1 (schip 4), 2 (schip 2), 3 (schip 1 & 3) & 4.....	- 45 -
Figuur 16: eerste nevenoplossing voor het dynamische planningsprobleem op aanlegplaats 3	- 54 -
Figuur 17 : tweede nevenoplossing voor het dynamische planningsprobleem op aanlegplaats 3	- 54 -
Figuur 18 : derde nevenoplossing voor de dynamische aanlegplanning op aanlegplaats 3.....	- 55 -
Figuur 19 : eerste nevenoplossing voor de aanlegplanning op aanlegplaatsen 2 & 3.....	- 56 -
Figuur 20 : tweede nevenoplossing voor de dynamische aanlegplanning op aanlegplaats 2 & 3	- 57 -
Figuur 21: derde nevenoplossing voor de dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 2 & 3	- 57 -
Figuur 22: eerste nevenoplossing voor de aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2 & 3.....	- 58 -
Figuur 23: tweede nevenoplossing voor de dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2 & 3.....	- 59 -
Figuur 24: derde nevenoplossing voor de dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2 & 3	- 60 -
Figuur 25: eerste nevenoplossing voor de dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 2, 3 & 4.....	- 61 -
Figuur 26: tweede nevenoplossing voor dynamische aanlegplanning op aanlegplaatsen 2, 3 & 4	- 61 -
Figuur 27: derde nevenoplossing voor het dynamische planningsprobleem op aanlegplaatsen 2, 3 & 4.....	- 62 -

Lijst van tabellen

Tabel 1: behandelingstijden van een bepaald schip op een bepaalde aanlegplaats.....	- 27 -
Tabel 2 : aankomsttijden van schepen	- 30 -
Tabel 3 : tijdstip vrijkomen van aanlegplaatsen	- 31 -
Tabel 4 : wacht - en behandelingstijden voor de statische aanlegplanning op aanlegplaats 3.....	- 32 -
Tabel 5 : wacht - en behandelingstijden voor de statische aanlegplanning op aanlegplaatsen 2 & 3.....	- 33 -
Tabel 6 : wacht - en behandelingstijden voor de statische aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2 & 3.....	- 34 -
Tabel 7 : wacht - en behandelingstijden voor de statische aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2, 3 & 4.....	- 35 -
Tabel 8 : aankomsttijden van schepen voor dynamisch planningsprobleem	- 40 -
Tabel 9 : tijdstip van vrijkomen van aanlegplaatsen voor dynamisch planningsprobleem.....	- 40 -
Tabel 10 : wacht - en behandelingstijden voor dynamische aanlegplanning op aanlegplaats 3	- 41 -
Tabel 11 : wacht -, behandelings - en dode tijden voor dynamische aanlegplanning op aanlegplaats 2 & 3 ...	- 42 -
Tabel 12 : wacht -, behandelings- en dode tijden voor dynamische aanlegplanning op aanlegplaats 1, 2 & 3	- 44 -
Tabel 13 : wacht -, behandelings - en dode tijden voor aanlegplanning op aanlegplaatsen 2, 3 & 4	- 45 -
Tabel 14 : wacht -, behandelings - en dode tijden voor aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2, 3 & 4	- 46 -
Tabel 15 : meest gewenste aanlegplaats per schip met bijhorende behandelingstijd	- 51 -
Tabel 16: overzicht van de functiewaarden van de initiële - en nevenoplossingen voor het dynamische planningsmodel en het dynamische planningsmodel met prioriteiten	- 69 -

BIJLAGEN

BIJLAGE I: input en output statische planningsprobleem

BIJLAGE II: input en output dynamische planningsprobleem

BIJLAGE I: input en output statische planningsprobleem

Aanlegplanning op aanlegplaats 1

MIN 18 X111 + 18 X121 + 22 X131 + 24 X141 + 14 X112 + 14 X122 + 17 X132 + 18 X142
 + 10 X113 + 10 X123 + 12 X133 + 12 X143 + 6 X114 + 6 X124 + 7 X134 + 6 X144

SUBJECT TO

X111 + X112 + X113 + X114 = 1 X131 + X132 + X133 + X134 = 1
 X121 + X122 + X123 + X124 = 1 X141 + X142 + X143 + X144 = 1

X111 + X121 + X131 + X141 <= 1 X113 + X123 + X133 + X143 <= 1
 X112 + X122 + X132 + X142 <= 1 X114 + X124 + X134 + X144 <= 1

END

INT X111	INT X112	INT X113	INT X114
INT X121	INT X122	INT X123	INT X124
INT X131	INT X132	INT X133	INT X134
INT X141	INT X142	INT X143	INT X144

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 1

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 18
 OBJECTIVE VALUE = 50.0000000

NEW INTEGER SOLUTION OF 50.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 18
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **50.000000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X111	1.000000	18.000000
X121	0.000000	18.000000
X131	0.000000	22.000000
X141	0.000000	24.000000
X112	0.000000	14.000000
X122	1.000000	14.000000
X132	0.000000	17.000000
X142	0.000000	18.000000
X113	0.000000	10.000000
X123	0.000000	10.000000
X133	1.000000	12.000000
X143	0.000000	12.000000
X114	0.000000	6.000000
X124	0.000000	6.000000
X134	0.000000	7.000000
X144	1.000000	6.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 18
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaats 2

MIN 15 X211 + 15 X221 + 18 X231 + 21 X241 + 12 X212 + 12 X222 + 14 X232 + 16 X242
 + 9 X213 + 9 X223 + 10 X233 + 11 X243 + 6 X214 + 6 X224 + 6 X234 + 6 X244

SUBJECT TO

X211 + X212 + X213 + X214 = 1 X231 + X232 + X233 + X234 = 1
 X221 + X222 + X223 + X224 = 1 X241 + X242 + X243 + X244 = 1

X211 + X221 + X231 + X241 <= 1 X213 + X223 + X233 + X243 <= 1
 X212 + X222 + X232 + X242 <= 1 X214 + X224 + X234 + X244 <= 1

END

INT X211	INT X212	INT X213	INT X214
INT X221	INT X222	INT X223	INT X224
INT X231	INT X232	INT X233	INT X234
INT X241	INT X242	INT X243	INT X244

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 2

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 19
 OBJECTIVE VALUE = 43.0000000

NEW INTEGER SOLUTION OF 43.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 19
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **43.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X211	1.000000	15.000000
X221	0.000000	15.000000
X231	0.000000	18.000000
X241	0.000000	21.000000
X212	0.000000	12.000000
X222	1.000000	12.000000
X232	0.000000	14.000000
X242	0.000000	16.000000
X213	0.000000	9.000000
X223	0.000000	9.000000
X233	1.000000	10.000000
X243	0.000000	11.000000
X214	0.000000	6.000000
X224	0.000000	6.000000
X234	0.000000	6.000000
X244	1.000000	6.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 19
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaats 3

MIN 11 X311 + 19 X321 + 14 X331 + 25 X341 + 9 X312 + 15 X322 + 11 X332 + 19 X342
 + 7 X313 + 11 X323 + 8 X333 + 13 X343 + 5 X314 + 7 X324 + 5 X334 + 7 X344

SUBJECT TO

X311 + X312 + X313 + X314 = 1	X331 + X332 + X333 + X334 = 1
X321 + X322 + X323 + X324 = 1	X341 + X342 + X343 + X344 = 1
X311 + X321 + X331 + X341 <= 1	X313 + X323 + X333 + X343 <= 1
X312 + X322 + X332 + X342 <= 1	X314 + X324 + X334 + X344 <= 1

END

INT X311	INT X312	INT X313	INT X314
INT X321	INT X322	INT X323	INT X324
INT X331	INT X332	INT X333	INT X334
INT X341	INT X342	INT X343	INT X344

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 3

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 21
 OBJECTIVE VALUE = 40.0000000

NEW INTEGER SOLUTION OF 40.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 21
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **40.000000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X311	1.000000	11.000000
X321	0.000000	19.000000
X331	0.000000	14.000000
X341	0.000000	25.000000
X312	0.000000	9.000000
X322	0.000000	15.000000
X332	1.000000	11.000000
X342	0.000000	19.000000
X313	0.000000	7.000000
X323	1.000000	11.000000
X333	0.000000	8.000000
X343	0.000000	13.000000
X314	0.000000	5.000000
X324	0.000000	7.000000
X334	0.000000	5.000000
X344	1.000000	7.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 21
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaats 4

MIN 16 X411 + 24 X421 + 19 X431 + 30 X441 + 13 X412 + 19 X422 + 15 X432 + 23 X442
 + 10 X413 + 14 X423 + 11 X433 + 16 X443 + 7 X414 + 9 X424 + 7 X434 + 9 X444

SUBJECT TO

X411 + X412 + X413 + X414 = 1 X431 + X432 + X433 + X434 = 1
 X421 + X422 + X423 + X424 = 1 X441 + X442 + X443 + X444 = 1

X411 + X421 + X431 + X441 <= 1 X413 + X423 + X433 + X443 <= 1
 X412 + X422 + X432 + X442 <= 1 X414 + X424 + X434 + X444 <= 1

END

INT X411	INT X412	INT X413	INT X414
INT X421	INT X422	INT X423	INT X424
INT X431	INT X432	INT X433	INT X434
INT X441	INT X442	INT X443	INT X444

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 20
 OBJECTIVE VALUE = 54.0000000

NEW INTEGER SOLUTION OF 54.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 20
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **54.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X411	1.000000	16.000000
X421	0.000000	24.000000
X431	0.000000	19.000000
X441	0.000000	30.000000
X412	0.000000	13.000000
X422	0.000000	19.000000
X432	1.000000	15.000000
X442	0.000000	23.000000
X413	0.000000	10.000000
X423	1.000000	14.000000
X433	0.000000	11.000000
X443	0.000000	16.000000
X414	0.000000	7.000000
X424	0.000000	9.000000
X434	0.000000	7.000000
X444	1.000000	9.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 20
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 1 & 2

MIN 18 X111 + 18 X121 + 22 X131 + 24 X141 + 14 X112 + 14 X122 + 17 X132 + 18 X142
 + 10 X113 + 10 X123 + 12 X133 + 12 X143 + 6 X114 + 6 X124 + 7 X134 + 6 X144
 + 15 X211 + 15 X221 + 18 X231 + 21 X241 + 12 X212 + 12 X222 + 14 X232 + 16 X242
 + 9 X213 + 9 X223 + 10 X233 + 11 X243 + 6 X214 + 6 X224 + 6 X234 + 6 X244

SUBJECT TO

X111 + X112 + X113 + X114 + X211 + X212 + X213 + X214 = 1
 X121 + X122 + X123 + X124 + X221 + X222 + X223 + X224 = 1
 X131 + X132 + X133 + X134 + X231 + X232 + X233 + X234 = 1
 X141 + X142 + X143 + X144 + X241 + X242 + X243 + X244 = 1

X111 + X121 + X131 + X141 <= 1 X211 + X221 + X231 + X241 <= 1
 X112 + X122 + X132 + X142 <= 1 X212 + X222 + X232 + X242 <= 1
 X113 + X123 + X133 + X143 <= 1 X213 + X223 + X233 + X243 <= 1
 X114 + X124 + X134 + X144 <= 1 X214 + X224 + X234 + X244 <= 1

END

INT X111	INT X112	INT X113	INT X114	INT X211	INT X212
INT X121	INT X122	INT X123	INT X124	INT X221	INT X222
INT X131	INT X132	INT X133	INT X134	INT X231	INT X232
INT X141	INT X142	INT X143	INT X144	INT X241	INT X242
INT X213	INT X214				
INT X223	INT X224				
INT X233	INT X234				
INT X243	INT X244				

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 1 & 2

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 16
 OBJECTIVE VALUE = 31.0000000

NEW INTEGER SOLUTION OF 31.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 16
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **31.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X111	0.000000	18.000000
X121	0.000000	18.000000
X131	0.000000	22.000000
X141	0.000000	24.000000
X112	0.000000	14.000000
X122	0.000000	14.000000
X132	0.000000	17.000000
X142	0.000000	18.000000
X113	1.000000	10.000000
X123	0.000000	10.000000
X133	0.000000	12.000000
X143	0.000000	12.000000
X114	0.000000	6.000000
X124	0.000000	6.000000
X134	0.000000	7.000000
X144	1.000000	6.000000
X211	0.000000	15.000000
X221	0.000000	15.000000
X231	0.000000	18.000000
X241	0.000000	21.000000
X212	0.000000	12.000000
X222	0.000000	12.000000
X232	0.000000	14.000000
X242	0.000000	16.000000
X213	0.000000	9.000000
X223	1.000000	9.000000
X233	0.000000	10.000000
X243	0.000000	11.000000
X214	0.000000	6.000000

BIJLAGE I

X224	0.000000	6.000000
X234	1.000000	6.000000
X244	0.000000	6.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 16
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 1 & 3

MIN 18 X111 + 18 X121 + 22 X131 + 24 X141 + 14 X112 + 14 X122 + 17 X132 + 18 X142
 + 10 X113 + 10 X123 + 12 X133 + 12 X143 + 6 X114 + 6 X124 + 7 X134 + 6 X144
 + 11 X311 + 19 X321 + 14 X331 + 25 X341 + 9 X312 + 15 X322 + 11 X332 + 19 X342
 + 7 X313 + 11 X323 + 8 X333 + 13 X343 + 5 X314 + 7 X324 + 5 X334 + 7 X344

SUBJECT TO

X111 + X112 + X113 + X114 + X311 + X312 + X313 + X314 = 1
 X121 + X122 + X123 + X124 + X321 + X322 + X323 + X324 = 1
 X131 + X132 + X133 + X134 + X331 + X332 + X333 + X334 = 1
 X141 + X142 + X143 + X144 + X341 + X342 + X343 + X344 = 1

X111 + X121 + X131 + X141 <= 1 X311 + X321 + X331 + X341 <= 1
 X112 + X122 + X132 + X142 <= 1 X312 + X322 + X332 + X342 <= 1
 X113 + X123 + X133 + X143 <= 1 X313 + X323 + X333 + X343 <= 1
 X114 + X124 + X134 + X144 <= 1 X314 + X324 + X334 + X344 <= 1

END

INT X111	INT X112	INT X113	INT X114
INT X121	INT X122	INT X123	INT X124
INT X131	INT X132	INT X133	INT X134
INT X141	INT X142	INT X143	INT X144
INT X311	INT X312	INT X313	INT X314
INT X321	INT X322	INT X323	INT X324
INT X331	INT X332	INT X333	INT X334
INT X341	INT X342	INT X343	INT X344

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 1 & 3

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 11
 OBJECTIVE VALUE = 28.0000000

NEW INTEGER SOLUTION OF 28.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 11
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **28.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X111	0.000000	18.000000
X121	0.000000	18.000000
X131	0.000000	22.000000
X141	0.000000	24.000000
X112	0.000000	14.000000

BIJLAGE I

X122	0.000000	14.000000
X132	0.000000	17.000000
X142	0.000000	18.000000
X113	0.000000	10.000000
X123	1.000000	10.000000
X133	0.000000	12.000000
X143	0.000000	12.000000
X114	0.000000	6.000000
X124	0.000000	6.000000
X134	0.000000	7.000000
X144	1.000000	6.000000
X311	0.000000	11.000000
X321	0.000000	19.000000
X331	0.000000	14.000000
X341	0.000000	25.000000
X312	0.000000	9.000000
X322	0.000000	15.000000
X332	0.000000	11.000000
X342	0.000000	19.000000
X313	1.000000	7.000000
X323	0.000000	11.000000
X333	0.000000	8.000000
X343	0.000000	13.000000
X314	0.000000	5.000000
X324	0.000000	7.000000
X334	1.000000	5.000000
X344	0.000000	7.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 11
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 1 & 4

MIN 18 X111 + 18 X121 + 22 X131 + 24 X141 + 14 X112 + 14 X122 + 17 X132 + 18 X142
 + 10 X113 + 10 X123 + 12 X133 + 12 X143 + 6 X114 + 6 X124 + 7 X134 + 6 X144
 + 16 X411 + 24 X421 + 19 X431 + 30 X441 + 13 X412 + 19 X422 + 15 X432 + 23 X442
 + 10 X413 + 14 X423 + 11 X433 + 16 X443 + 7 X414 + 9 X424 + 7 X434 + 9 X444

SUBJECT TO

X111 + X112 + X113 + X114 + X411 + X412 + X413 + X414 = 1
 X121 + X122 + X123 + X124 + X421 + X422 + X423 + X424 = 1
 X131 + X132 + X133 + X134 + X431 + X432 + X433 + X434 = 1
 X141 + X142 + X143 + X144 + X441 + X442 + X443 + X444 = 1

X111 + X121 + X131 + X141 <= 1 X411 + X421 + X431 + X441 <= 1
 X112 + X122 + X132 + X142 <= 1 X412 + X422 + X432 + X442 <= 1
 X113 + X123 + X133 + X143 <= 1 X413 + X423 + X433 + X443 <= 1
 X114 + X124 + X134 + X144 <= 1 X414 + X424 + X434 + X444 <= 1

END

INT X111	INT X112	INT X113	INT X114
INT X121	INT X122	INT X123	INT X124
INT X131	INT X132	INT X133	INT X134
INT X141	INT X142	INT X143	INT X144
INT X411	INT X412	INT X413	INT X414

BIJLAGE I

INT X421 INT X422 INT X423 INT X424
 INT X431 INT X432 INT X433 INT X434
 INT X441 INT X442 INT X443 INT X444

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 1 & 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 20
 OBJECTIVE VALUE = 33.0000000

NEW INTEGER SOLUTION OF 33.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 20
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **33.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X111	0.000000	18.000000
X121	0.000000	18.000000
X131	0.000000	22.000000
X141	0.000000	24.000000
X112	0.000000	14.000000
X122	0.000000	14.000000
X132	0.000000	17.000000
X142	0.000000	18.000000
X113	0.000000	10.000000
X123	1.000000	10.000000
X133	0.000000	12.000000
X143	0.000000	12.000000
X114	0.000000	6.000000
X124	0.000000	6.000000
X134	0.000000	7.000000
X144	1.000000	6.000000
X411	0.000000	16.000000
X421	0.000000	24.000000
X431	0.000000	19.000000
X441	0.000000	30.000000
X412	0.000000	13.000000
X422	0.000000	19.000000
X432	0.000000	15.000000
X442	0.000000	23.000000
X413	1.000000	10.000000
X423	0.000000	14.000000
X433	0.000000	11.000000
X443	0.000000	16.000000
X414	0.000000	7.000000
X424	0.000000	9.000000
X434	1.000000	7.000000
X444	0.000000	9.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 20
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 2 & 3

MIN 15 X211 + 15 X221 + 18 X231 + 21 X241 + 12 X212 + 12 X222 + 14 X232 + 16 X242
 + 9 X213 + 9 X223 + 10 X233 + 11 X243 + 6 X214 + 6 X224 + 6 X234 + 6 X244
 + 11 X311 + 19 X321 + 14 X331 + 25 X341 + 9 X312 + 15 X322 + 11 X332 + 19 X342
 + 7 X313 + 11 X323 + 8 X333 + 13 X343 + 5 X314 + 7 X324 + 5 X334 + 7 X344

SUBJECT TO

X211 + X212 + X213 + X214 + X311 + X312 + X313 + X314 = 1
 X221 + X222 + X223 + X224 + X321 + X322 + X323 + X324 = 1
 X231 + X232 + X233 + X234 + X331 + X332 + X333 + X334 = 1
 X241 + X242 + X243 + X244 + X341 + X342 + X343 + X344 = 1

X211 + X221 + X231 + X241 <= 1 X311 + X321 + X331 + X341 <= 1
 X212 + X222 + X232 + X242 <= 1 X312 + X322 + X332 + X342 <= 1
 X213 + X223 + X233 + X243 <= 1 X313 + X323 + X333 + X343 <= 1
 X214 + X224 + X234 + X244 <= 1 X314 + X324 + X334 + X344 <= 1

END

INT X211	INT X212	INT X213	INT X214
INT X221	INT X222	INT X223	INT X224
INT X231	INT X232	INT X233	INT X234
INT X241	INT X242	INT X243	INT X244
INT X311	INT X312	INT X313	INT X314
INT X321	INT X322	INT X323	INT X324
INT X331	INT X332	INT X333	INT X334
INT X341	INT X342	INT X343	INT X344

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 2 & 3

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 12
 OBJECTIVE VALUE = 27.0000000

NEW INTEGER SOLUTION OF 27.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 12
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **27.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X211	0.000000	15.000000
X221	0.000000	15.000000
X231	0.000000	18.000000
X241	0.000000	21.000000
X212	0.000000	12.000000
X222	0.000000	12.000000
X232	0.000000	14.000000
X242	0.000000	16.000000
X213	0.000000	9.000000
X223	1.000000	9.000000
X233	0.000000	10.000000
X243	0.000000	11.000000
X214	0.000000	6.000000
X224	0.000000	6.000000
X234	0.000000	6.000000
X244	1.000000	6.000000
X311	0.000000	11.000000
X321	0.000000	19.000000
X331	0.000000	14.000000
X341	0.000000	25.000000
X312	0.000000	9.000000
X322	0.000000	15.000000
X332	0.000000	11.000000
X342	0.000000	19.000000
X313	1.000000	7.000000
X323	0.000000	11.000000
X333	0.000000	8.000000
X343	0.000000	13.000000
X314	0.000000	5.000000

BIJLAGE I

X324	0.000000	7.000000
X334	1.000000	5.000000
X344	0.000000	7.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 12
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 2 & 4

MIN 15 X211 + 15 X221 + 18 X231 + 21 X241 + 12 X212 + 12 X222 + 14 X232 + 16 X242
 + 9 X213 + 9 X223 + 10 X233 + 11 X243 + 6 X214 + 6 X224 + 6 X234 + 6 X244
 + 16 X411 + 24 X421 + 19 X431 + 30 X441 + 13 X412 + 19 X422 + 15 X432 + 23 X442
 + 10 X413 + 14 X423 + 11 X433 + 16 X443 + 7 X414 + 9 X424 + 7 X434 + 9 X444

SUBJECT TO

X211 + X212 + X213 + X214 + X411 + X412 + X413 + X414 = 1
 X221 + X222 + X223 + X224 + X421 + X422 + X423 + X424 = 1
 X231 + X232 + X233 + X234 + X431 + X432 + X433 + X434 = 1
 X241 + X242 + X243 + X244 + X441 + X442 + X443 + X444 = 1

X211 + X221 + X231 + X241 <= 1 X411 + X421 + X431 + X441 <= 1
 X212 + X222 + X232 + X242 <= 1 X412 + X422 + X432 + X442 <= 1
 X213 + X223 + X233 + X243 <= 1 X413 + X423 + X433 + X443 <= 1
 X214 + X224 + X234 + X244 <= 1 X414 + X424 + X434 + X444 <= 1

END

INT X211	INT X212	INT X213	INT X214
INT X221	INT X222	INT X223	INT X224
INT X231	INT X232	INT X233	INT X234
INT X241	INT X242	INT X243	INT X244

INT X411	INT X412	INT X413	INT X414
INT X421	INT X422	INT X423	INT X424
INT X431	INT X432	INT X433	INT X434
INT X441	INT X442	INT X443	INT X444

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 2 & 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 20
 OBJECTIVE VALUE = 32.0000000

NEW INTEGER SOLUTION OF 32.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 20
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **32.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X211	0.000000	15.000000
X221	0.000000	15.000000
X231	0.000000	18.000000
X241	0.000000	21.000000
X212	0.000000	12.000000

BIJLAGE I

X222	0.000000	12.000000
X232	0.000000	14.000000
X242	0.000000	16.000000
X213	0.000000	9.000000
X223	1.000000	9.000000
X233	0.000000	10.000000
X243	0.000000	11.000000
X214	0.000000	6.000000
X224	0.000000	6.000000
X234	0.000000	6.000000
X244	1.000000	6.000000
X411	0.000000	16.000000
X421	0.000000	24.000000
X431	0.000000	19.000000
X441	0.000000	30.000000
X412	0.000000	13.000000
X422	0.000000	19.000000
X432	0.000000	15.000000
X442	0.000000	23.000000
X413	1.000000	10.000000
X423	0.000000	14.000000
X433	0.000000	11.000000
X443	0.000000	16.000000
X414	0.000000	7.000000
X424	0.000000	9.000000
X434	1.000000	7.000000
X444	0.000000	9.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 20
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 3 & 4

MIN 11 X311 + 19 X321 + 14 X331 + 25 X341 + 9 X312 + 15 X322 + 11 X332 + 19 X342
 + 7 X313 + 11 X323 + 8 X333 + 13 X343 + 5 X314 + 7 X324 + 5 X334 + 7 X344
 + 16 X411 + 24 X421 + 19 X431 + 30 X441 + 13 X412 + 19 X422 + 15 X432 + 23 X442
 + 10 X413 + 14 X423 + 11 X433 + 16 X443 + 7 X414 + 9 X424 + 7 X434 + 9 X444

SUBJECT TO

X311 + X312 + X313 + X314 + X411 + X412 + X413 + X414 = 1
 X321 + X322 + X323 + X324 + X421 + X422 + X423 + X424 = 1
 X331 + X332 + X333 + X334 + X431 + X432 + X433 + X434 = 1
 X341 + X342 + X343 + X344 + X441 + X442 + X443 + X444 = 1

X311 + X321 + X331 + X341 <= 1 X411 + X421 + X431 + X441 <= 1
 X312 + X322 + X332 + X342 <= 1 X412 + X422 + X432 + X442 <= 1
 X313 + X323 + X333 + X343 <= 1 X413 + X423 + X433 + X443 <= 1
 X314 + X324 + X334 + X344 <= 1 X414 + X424 + X434 + X444 <= 1

END

INT X311	INT X312	INT X313	INT X314
INT X321	INT X322	INT X323	INT X324
INT X331	INT X332	INT X333	INT X334
INT X341	INT X342	INT X343	INT X344

BIJLAGE I

INT X411 INT X412 INT X413 INT X414
 INT X421 INT X422 INT X423 INT X424
 INT X431 INT X432 INT X433 INT X434
 INT X441 INT X442 INT X443 INT X444

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 3 & 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 18
 OBJECTIVE VALUE = 33.0000000

NEW INTEGER SOLUTION OF 33.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 18
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **33.000000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X311	0.000000	11.000000
X321	0.000000	19.000000
X331	0.000000	14.000000
X341	0.000000	25.000000
X312	1.000000	9.000000
X322	0.000000	15.000000
X332	0.000000	11.000000
X342	0.000000	19.000000
X313	0.000000	7.000000
X323	0.000000	11.000000
X333	1.000000	8.000000
X343	0.000000	13.000000
X314	0.000000	5.000000
X324	0.000000	7.000000
X334	0.000000	5.000000
X344	1.000000	7.000000
X411	0.000000	16.000000
X421	0.000000	24.000000
X431	0.000000	19.000000
X441	0.000000	30.000000
X412	0.000000	13.000000
X422	0.000000	19.000000
X432	0.000000	15.000000
X442	0.000000	23.000000
X413	0.000000	10.000000
X423	0.000000	14.000000
X433	0.000000	11.000000
X443	0.000000	16.000000
X414	0.000000	7.000000
X424	1.000000	9.000000
X434	0.000000	7.000000
X444	0.000000	9.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	1.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 18
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2 & 3

MIN 18 X111 + 18 X121 + 22 X131 + 24 X141 + 14 X112 + 14 X122 + 17 X132 + 18 X142
 + 10 X113 + 10 X123 + 12 X133 + 12 X143 + 6 X114 + 6 X124 + 7 X134 + 6 X144
 + 15 X211 + 15 X221 + 18 X231 + 21 X241 + 12 X212 + 12 X222 + 14 X232 + 16 X242
 + 9 X213 + 9 X223 + 10 X233 + 11 X243 + 6 X214 + 6 X224 + 6 X234 + 6 X244
 + 11 X311 + 19 X321 + 14 X331 + 25 X341 + 9 X312 + 15 X322 + 11 X332 + 19 X342
 + 7 X313 + 11 X323 + 8 X333 + 13 X343 + 5 X314 + 7 X324 + 5 X334 + 7 X344

SUBJECT TO

X111 + X112 + X113 + X114 + X211 + X212 + X213 + X214 + X311 + X312 + X313 + X314 = 1
 X121 + X122 + X123 + X124 + X221 + X222 + X223 + X224 + X321 + X322 + X323 + X324 = 1
 X131 + X132 + X133 + X134 + X231 + X232 + X233 + X234 + X331 + X332 + X333 + X334 = 1
 X141 + X142 + X143 + X144 + X241 + X242 + X243 + X244 + X341 + X342 + X343 + X344 = 1

X111 + X121 + X131 + X141 <= 1 X211 + X221 + X231 + X241 <= 1 X311 + X321 + X331 + X341 <= 1
 X112 + X122 + X132 + X142 <= 1 X212 + X222 + X232 + X242 <= 1 X312 + X322 + X332 + X342 <= 1
 X113 + X123 + X133 + X143 <= 1 X213 + X223 + X233 + X243 <= 1 X313 + X323 + X333 + X343 <= 1
 X114 + X124 + X134 + X144 <= 1 X214 + X224 + X234 + X244 <= 1 X314 + X324 + X334 + X344 <= 1

END

INT X111	INT X112	INT X113	INT X114	INT X211	INT X212
INT X121	INT X122	INT X123	INT X124	INT X221	INT X222
INT X131	INT X132	INT X133	INT X134	INT X231	INT X232
INT X141	INT X142	INT X143	INT X144	INT X241	INT X242
INT X213	INT X214	INT X311	INT X312	INT X313	INT X314
INT X223	INT X224	INT X321	INT X322	INT X323	INT X324
INT X233	INT X234	INT X331	INT X332	INT X333	INT X334
INT X243	INT X244	INT X341	INT X342	INT X343	INT X344

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 1, 2 & 3

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 16
 OBJECTIVE VALUE = 24.0000000

NEW INTEGER SOLUTION OF 24.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 16
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **24.000000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X111	0.000000	18.000000
X121	0.000000	18.000000
X131	0.000000	22.000000
X141	0.000000	24.000000
X112	0.000000	14.000000
X122	0.000000	14.000000
X132	0.000000	17.000000
X142	0.000000	18.000000
X113	0.000000	10.000000
X123	0.000000	10.000000
X133	0.000000	12.000000
X143	0.000000	12.000000
X114	0.000000	6.000000
X124	0.000000	6.000000
X134	0.000000	7.000000
X144	1.000000	6.000000
X211	0.000000	15.000000
X221	0.000000	15.000000
X231	0.000000	18.000000
X241	0.000000	21.000000
X212	0.000000	12.000000
X222	0.000000	12.000000
X232	0.000000	14.000000
X242	0.000000	16.000000
X213	0.000000	9.000000
X223	0.000000	9.000000
X233	0.000000	10.000000

BIJLAGE I

X243	0.000000	11.000000
X214	0.000000	6.000000
X224	1.000000	6.000000
X234	0.000000	6.000000
X244	0.000000	6.000000
X311	0.000000	11.000000
X321	0.000000	19.000000
X331	0.000000	14.000000
X341	0.000000	25.000000
X312	0.000000	9.000000
X322	0.000000	15.000000
X332	0.000000	11.000000
X342	0.000000	19.000000
X313	1.000000	7.000000
X323	0.000000	11.000000
X333	0.000000	8.000000
X343	0.000000	13.000000
X314	0.000000	5.000000
X324	0.000000	7.000000
X334	1.000000	5.000000
X344	0.000000	7.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	1.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	1.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	1.000000	0.000000
15)	1.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 16
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2 & 4

MIN 18 X111 + 18 X121 + 22 X131 + 24 X141 + 14 X112 + 14 X122 + 17 X132 + 18 X142
 + 10 X113 + 10 X123 + 12 X133 + 12 X143 + 6 X114 + 6 X124 + 7 X134 + 6 X144
 + 15 X211 + 15 X221 + 18 X231 + 21 X241 + 12 X212 + 12 X222 + 14 X232 + 16 X242
 + 9 X213 + 9 X223 + 10 X233 + 11 X243 + 6 X214 + 6 X224 + 6 X234 + 6 X244
 + 16 X411 + 24 X421 + 19 X431 + 30 X441 + 13 X412 + 19 X422 + 15 X432 + 23 X442
 + 10 X413 + 14 X423 + 11 X433 + 16 X443 + 7 X414 + 9 X424 + 7 X434 + 9 X444

SUBJECT TO

X111 + X112 + X113 + X114 + X211 + X212 + X213 + X214 + X411 + X412 + X413 + X414 = 1
 X121 + X122 + X123 + X124 + X221 + X222 + X223 + X224 + X421 + X422 + X423 + X424 = 1
 X131 + X132 + X133 + X134 + X231 + X232 + X233 + X234 + X431 + X432 + X433 + X434 = 1
 X141 + X142 + X143 + X144 + X241 + X242 + X243 + X244 + X441 + X442 + X443 + X444 = 1

X111 + X121 + X131 + X141 <= 1 X211 + X221 + X231 + X241 <= 1
 X112 + X122 + X132 + X142 <= 1 X212 + X222 + X232 + X242 <= 1
 X113 + X123 + X133 + X143 <= 1 X213 + X223 + X233 + X243 <= 1
 X114 + X124 + X134 + X144 <= 1 X214 + X224 + X234 + X244 <= 1

X411 + X421 + X431 + X441 <= 1
 X412 + X422 + X432 + X442 <= 1
 X413 + X423 + X433 + X443 <= 1
 X414 + X424 + X434 + X444 <= 1

END

INT X111 INT X112 INT X113 INT X114 INT X211 INT X212

BIJLAGE I

INT X121	INT X122	INT X123	INT X124	INT X221	INT X222
INT X131	INT X132	INT X133	INT X134	INT X231	INT X232
INT X141	INT X142	INT X143	INT X144	INT X241	INT X242
INT X213	INT X214	INT X411	INT X412	INT X413	INT X414
INT X223	INT X224	INT X421	INT X422	INT X423	INT X424
INT X233	INT X234	INT X431	INT X432	INT X433	INT X434
INT X243	INT X244	INT X441	INT X442	INT X443	INT X444

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 1, 2 & 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 14
OBJECTIVE VALUE = 28.000000

NEW INTEGER SOLUTION OF 28.000000 AT BRANCH 0 PIVOT 14
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **28.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X111	0.000000	18.000000
X121	0.000000	18.000000
X131	0.000000	22.000000
X141	0.000000	24.000000
X112	0.000000	14.000000
X122	0.000000	14.000000
X132	0.000000	17.000000
X142	0.000000	18.000000
X113	0.000000	10.000000
X123	0.000000	10.000000
X133	0.000000	12.000000
X143	0.000000	12.000000
X114	0.000000	6.000000
X124	0.000000	6.000000
X134	0.000000	7.000000
X144	1.000000	6.000000
X211	0.000000	15.000000
X221	0.000000	15.000000
X231	0.000000	18.000000
X241	0.000000	21.000000
X212	0.000000	12.000000
X222	0.000000	12.000000
X232	0.000000	14.000000
X242	0.000000	16.000000
X213	0.000000	9.000000
X223	1.000000	9.000000
X233	0.000000	10.000000
X243	0.000000	11.000000
X214	0.000000	6.000000
X224	0.000000	6.000000
X234	1.000000	6.000000
X244	0.000000	6.000000
X411	0.000000	16.000000
X421	0.000000	24.000000
X431	0.000000	19.000000
X441	0.000000	30.000000
X412	0.000000	13.000000
X422	0.000000	19.000000
X432	0.000000	15.000000
X442	0.000000	23.000000
X413	0.000000	10.000000
X423	0.000000	14.000000
X433	0.000000	11.000000
X443	0.000000	16.000000
X414	1.000000	7.000000
X424	0.000000	9.000000
X434	0.000000	7.000000
X444	0.000000	9.000000

BIJLAGE I

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	1.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	1.000000	0.000000
15)	1.000000	0.000000
16)	1.000000	0.000000
17)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 14
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 3 & 4

MIN 18 X111 + 18 X121 + 22 X131 + 24 X141 + 14 X112 + 14 X122 + 17 X132 + 18 X142
 + 10 X113 + 10 X123 + 12 X133 + 12 X143 + 6 X114 + 6 X124 + 7 X134 + 6 X144
 + 11 X311 + 19 X321 + 14 X331 + 25 X341 + 9 X312 + 15 X322 + 11 X332 + 19 X342
 + 7 X313 + 11 X323 + 8 X333 + 13 X343 + 5 X314 + 7 X324 + 5 X334 + 7 X344
 + 16 X411 + 24 X421 + 19 X431 + 30 X441 + 13 X412 + 19 X422 + 15 X432 + 23 X442
 + 10 X413 + 14 X423 + 11 X433 + 16 X443 + 7 X414 + 9 X424 + 7 X434 + 9 X444

SUBJECT TO

X111 + X112 + X113 + X114 + X311 + X312 + X313 + X314 + X411 + X412 + X413 + X414 = 1
 X121 + X122 + X123 + X124 + X321 + X322 + X323 + X324 + X421 + X422 + X423 + X424 = 1
 X131 + X132 + X133 + X134 + X331 + X332 + X333 + X334 + X431 + X432 + X433 + X434 = 1
 X141 + X142 + X143 + X144 + X341 + X342 + X343 + X344 + X441 + X442 + X443 + X444 = 1

X111 + X121 + X131 + X141 <= 1 X311 + X321 + X331 + X341 <= 1 X411 + X421 + X431 + X441 <= 1
 X112 + X122 + X132 + X142 <= 1 X312 + X322 + X332 + X342 <= 1 X412 + X422 + X432 + X442 <= 1
 X113 + X123 + X133 + X143 <= 1 X313 + X323 + X333 + X343 <= 1 X413 + X423 + X433 + X443 <= 1
 X114 + X124 + X134 + X144 <= 1 X314 + X324 + X334 + X344 <= 1 X414 + X424 + X434 + X444 <= 1

END

INT X111	INT X112	INT X113	INT X114	INT X311	INT X312
INT X121	INT X122	INT X123	INT X124	INT X321	INT X322
INT X131	INT X132	INT X133	INT X134	INT X331	INT X332
INT X141	INT X142	INT X143	INT X144	INT X341	INT X342

INT X313	INT X314	INT X411	INT X412	INT X413	INT X414
INT X323	INT X324	INT X421	INT X422	INT X423	INT X424
INT X333	INT X334	INT X431	INT X432	INT X433	INT X434
INT X343	INT X344	INT X441	INT X442	INT X443	INT X444

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 1, 3 & 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 14
 OBJECTIVE VALUE = 27.0000000

NEW INTEGER SOLUTION OF 27.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 14
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **27.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X111	0.000000	18.000000
X121	0.000000	18.000000
X131	0.000000	22.000000
X141	0.000000	24.000000
X112	0.000000	14.000000

BIJLAGE I

X122	0.000000	14.000000
X132	0.000000	17.000000
X142	0.000000	18.000000
X113	0.000000	10.000000
X123	0.000000	10.000000
X133	0.000000	12.000000
X143	0.000000	12.000000
X114	0.000000	6.000000
X124	1.000000	6.000000
X134	0.000000	7.000000
X144	0.000000	6.000000
X311	0.000000	11.000000
X321	0.000000	19.000000
X331	0.000000	14.000000
X341	0.000000	25.000000
X312	0.000000	9.000000
X322	0.000000	15.000000
X332	0.000000	11.000000
X342	0.000000	19.000000
X313	1.000000	7.000000
X323	0.000000	11.000000
X333	0.000000	8.000000
X343	0.000000	13.000000
X314	0.000000	5.000000
X324	0.000000	7.000000
X334	1.000000	5.000000
X344	0.000000	7.000000
X411	0.000000	16.000000
X421	0.000000	24.000000
X431	0.000000	19.000000
X441	0.000000	30.000000
X412	0.000000	13.000000
X422	0.000000	19.000000
X432	0.000000	15.000000
X442	0.000000	23.000000
X413	0.000000	10.000000
X423	0.000000	14.000000
X433	0.000000	11.000000
X443	0.000000	16.000000
X414	0.000000	7.000000
X424	0.000000	9.000000
X434	0.000000	7.000000
X444	1.000000	9.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	1.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	1.000000	0.000000
15)	1.000000	0.000000
16)	1.000000	0.000000
17)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 14
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 2, 3 & 4

MIN 15 X211 + 15 X221 + 18 X231 + 21 X241 + 12 X212 + 12 X222 + 14 X232 + 16 X242
 + 9 X213 + 9 X223 + 10 X233 + 11 X243 + 6 X214 + 6 X224 + 6 X234 + 6 X244
 + 11 X311 + 19 X321 + 14 X331 + 25 X341 + 9 X312 + 15 X322 + 11 X332 + 19 X342
 + 7 X313 + 11 X323 + 8 X333 + 13 X343 + 5 X314 + 7 X324 + 5 X334 + 7 X344
 + 16 X411 + 24 X421 + 19 X431 + 30 X441 + 13 X412 + 19 X422 + 15 X432 + 23 X442
 + 10 X413 + 14 X423 + 11 X433 + 16 X443 + 7 X414 + 9 X424 + 7 X434 + 9 X444

SUBJECT TO

$$\begin{aligned} X211 + X212 + X213 + X214 + X311 + X312 + X313 + X314 + X411 + X412 + X413 + X414 &= 1 \\ X221 + X222 + X223 + X224 + X321 + X322 + X323 + X324 + X421 + X422 + X423 + X424 &= 1 \\ X231 + X232 + X233 + X234 + X331 + X332 + X333 + X334 + X431 + X432 + X433 + X434 &= 1 \\ X241 + X242 + X243 + X244 + X341 + X342 + X343 + X344 + X441 + X442 + X443 + X444 &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X211 + X221 + X231 + X241 &\leq 1 & X311 + X321 + X331 + X341 &\leq 1 & X411 + X421 + X431 + X441 &\leq 1 \\ X212 + X222 + X232 + X242 &\leq 1 & X312 + X322 + X332 + X342 &\leq 1 & X412 + X422 + X432 + X442 &\leq 1 \\ X213 + X223 + X233 + X243 &\leq 1 & X313 + X323 + X333 + X343 &\leq 1 & X413 + X423 + X433 + X443 &\leq 1 \\ X214 + X224 + X234 + X244 &\leq 1 & X314 + X324 + X334 + X344 &\leq 1 & X414 + X424 + X434 + X444 &\leq 1 \end{aligned}$$

END

INT X211	INT X212	INT X213	INT X214	INT X311	INT X312
INT X221	INT X222	INT X223	INT X224	INT X321	INT X322
INT X231	INT X232	INT X233	INT X234	INT X331	INT X332
INT X241	INT X242	INT X243	INT X244	INT X341	INT X342
INT X313	INT X314	INT X411	INT X412	INT X413	INT X414
INT X323	INT X324	INT X421	INT X422	INT X423	INT X424
INT X333	INT X334	INT X431	INT X432	INT X433	INT X434
INT X343	INT X344	INT X441	INT X442	INT X443	INT X444

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 2, 3 & 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 15
OBJECTIVE VALUE = 27.0000000

NEW INTEGER SOLUTION OF 27.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 15
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **27.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X211	0.000000	15.000000
X221	0.000000	15.000000
X231	0.000000	18.000000
X241	0.000000	21.000000
X212	0.000000	12.000000
X222	0.000000	12.000000
X232	0.000000	14.000000
X242	0.000000	16.000000
X213	0.000000	9.000000
X223	1.000000	9.000000
X233	0.000000	10.000000
X243	0.000000	11.000000
X214	0.000000	6.000000
X224	0.000000	6.000000
X234	0.000000	6.000000
X244	1.000000	6.000000
X311	0.000000	11.000000
X321	0.000000	19.000000
X331	0.000000	14.000000
X341	0.000000	25.000000
X312	0.000000	9.000000
X322	0.000000	15.000000
X332	0.000000	11.000000
X342	0.000000	19.000000
X313	1.000000	7.000000
X323	0.000000	11.000000
X333	0.000000	8.000000
X343	0.000000	13.000000
X314	0.000000	5.000000
X324	0.000000	7.000000
X334	1.000000	5.000000
X344	0.000000	7.000000
X411	0.000000	16.000000
X421	0.000000	24.000000
X431	0.000000	19.000000
X441	0.000000	30.000000

BIJLAGE I

X412	0.000000	13.000000
X422	0.000000	19.000000
X432	0.000000	15.000000
X442	0.000000	23.000000
X413	0.000000	10.000000
X423	0.000000	14.000000
X433	0.000000	11.000000
X443	0.000000	16.000000
X414	0.000000	7.000000
X424	0.000000	9.000000
X434	0.000000	7.000000
X444	0.000000	9.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	1.000000	0.000000
15)	1.000000	0.000000
16)	1.000000	0.000000
17)	1.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 15
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2, 3 & 4

MIN 18 X111 + 18 X121 + 22 X131 + 24 X141 + 14 X112 + 14 X122 + 17 X132 + 18 X142
 + 10 X113 + 10 X123 + 12 X133 + 12 X143 + 6 X114 + 6 X124 + 7 X134 + 6 X144
 + 15 X211 + 15 X221 + 18 X231 + 21 X241 + 12 X212 + 12 X222 + 14 X232 + 16 X242
 + 9 X213 + 9 X223 + 10 X233 + 11 X243 + 6 X214 + 6 X224 + 6 X234 + 6 X244
 + 11 X311 + 19 X321 + 14 X331 + 25 X341 + 9 X312 + 15 X322 + 11 X332 + 19 X342
 + 7 X313 + 11 X323 + 8 X333 + 13 X343 + 5 X314 + 7 X324 + 5 X334 + 7 X344
 + 16 X411 + 24 X421 + 19 X431 + 30 X441 + 13 X412 + 19 X422 + 15 X432 + 23 X442
 + 10 X413 + 14 X423 + 11 X433 + 16 X443 + 7 X414 + 9 X424 + 7 X434 + 9 X444

SUBJECT TO

X111 + X112 + X113 + X114 + X211 + X212 + X213 + X214 + X311 + X312 + X313 + X314 + X411 + X412 + X413 + X414
 = 1

X121 + X122 + X123 + X124 + X221 + X222 + X223 + X224 + X321 + X322 + X323 + X324 + X421 + X422 + X423 + X424
 = 1

X131 + X132 + X133 + X134 + X231 + X232 + X233 + X234 + X331 + X332 + X333 + X334 + X431 + X432 + X433 + X434
 = 1

X141 + X142 + X143 + X144 + X241 + X242 + X243 + X244 + X341 + X342 + X343 + X344 + X441 + X442 + X443 + X444
 = 1

X111 + X121 + X131 + X141 <= 1 X211 + X221 + X231 + X241 <= 1
 X112 + X122 + X132 + X142 <= 1 X212 + X222 + X232 + X242 <= 1
 X113 + X123 + X133 + X143 <= 1 X213 + X223 + X233 + X243 <= 1
 X114 + X124 + X134 + X144 <= 1 X214 + X224 + X234 + X244 <= 1

X311 + X321 + X331 + X341 <= 1 X411 + X421 + X431 + X441 <= 1
 X312 + X322 + X332 + X342 <= 1 X412 + X422 + X432 + X442 <= 1
 X313 + X323 + X333 + X343 <= 1 X413 + X423 + X433 + X443 <= 1
 X314 + X324 + X334 + X344 <= 1 X414 + X424 + X434 + X444 <= 1

END

INT X111	INT X112	INT X113	INT X114	INT X211	INT X212	INT X213
INT X121	INT X122	INT X123	INT X124	INT X221	INT X222	INT X223
INT X131	INT X132	INT X133	INT X134	INT X231	INT X232	INT X233

BIJLAGE I

INT X141	INT X142	INT X143	INT X144	INT X241	INT X242	INT X243
INT X214	INT X311	INT X312	INT X313	INT X314	INT X411	INT X412
INT X224	INT X321	INT X322	INT X323	INT X324	INT X421	INT X422
INT X234	INT X331	INT X332	INT X333	INT X334	INT X431	INT X432
INT X244	INT X341	INT X342	INT X343	INT X344	INT X441	INT X442
INT X413	INT X414					
INT X423	INT X424					
INT X433	INT X434					
INT X443	INT X444					

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 1, 2, 3 & 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 11
OBJECTIVE VALUE = 24.0000000

FIX ALL VARS.(38) WITH RC > 2.00000

NEW INTEGER SOLUTION OF 24.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 11
BOUND ON OPTIMUM: 24.00000
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 11

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **24.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X111	0.000000	18.000000
X121	0.000000	18.000000
X131	0.000000	15.000000
X141	0.000000	24.000000
X112	0.000000	14.000000
X122	0.000000	14.000000
X132	0.000000	10.000000
X142	0.000000	18.000000
X113	0.000000	10.000000
X123	0.000000	10.000000
X133	0.000000	5.000000
X143	0.000000	12.000000
X114	0.000000	6.000000
X124	0.000000	6.000000
X134	0.000000	0.000000
X144	1.000000	6.000000
X211	0.000000	15.000000
X221	0.000000	15.000000
X231	0.000000	11.000000
X241	0.000000	21.000000
X212	0.000000	12.000000
X222	0.000000	12.000000
X232	0.000000	7.000000
X242	0.000000	16.000000
X213	0.000000	9.000000
X223	0.000000	9.000000
X233	0.000000	3.000000
X243	0.000000	11.000000
X214	0.000000	6.000000
X224	1.000000	6.000000
X234	0.000000	-1.000000
X244	0.000000	6.000000
X311	0.000000	11.000000
X321	0.000000	19.000000
X331	0.000000	7.000000
X341	0.000000	25.000000
X312	0.000000	9.000000
X322	0.000000	15.000000
X332	0.000000	4.000000
X342	0.000000	19.000000
X313	0.000000	7.000000
X323	0.000000	11.000000
X333	0.000000	1.000000

BIJLAGE I

X343	0.000000	13.000000
X314	1.000000	5.000000
X324	0.000000	7.000000
X334	0.000000	-2.000000
X344	0.000000	7.000000
X411	0.000000	16.000000
X421	0.000000	24.000000
X431	0.000000	12.000000
X441	0.000000	30.000000
X412	0.000000	13.000000
X422	0.000000	19.000000
X432	0.000000	8.000000
X442	0.000000	23.000000
X413	0.000000	10.000000
X423	0.000000	14.000000
X433	0.000000	4.000000
X443	0.000000	16.000000
X414	0.000000	7.000000
X424	0.000000	9.000000
X434	1.000000	0.000000
X444	0.000000	9.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	-7.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	1.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	1.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	1.000000	0.000000
15)	1.000000	0.000000
16)	1.000000	0.000000
17)	0.000000	0.000000
18)	1.000000	0.000000
19)	1.000000	0.000000
20)	1.000000	0.000000
21)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 11
BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

BIJLAGE II: input en output dynamische planningsprobleem

Aanlegplanning op aanlegplaats 1

MIN 16 X111 + 14 X121 + 18 X131 + 21 X141 + 12 X112 + 10 X122 + 13 X132 + 15 X142
 + 8 X113 + 6 X123 + 8 X133 + 9 X143 + 4 X114 + 2 X124 + 3 X134 + 3 X144
 + 4 Y111 + 3 Y112 + 2 Y113 + Y114 + 4 Y121 + 3 Y122 + 2 Y123 + Y124
 + 4 Y131 + 3 Y132 + 2 Y133 + Y134 + 4 Y141 + 3 Y142 + 2 Y143 + Y144

SUBJECT TO

X111 + X112 + X113 + X114 = 1 X111 + X121 + X131 + X141 <= 1
 X121 + X122 + X123 + X124 = 1 X112 + X122 + X132 + X142 <= 1
 X131 + X132 + X133 + X134 = 1 X113 + X123 + X133 + X143 <= 1
 X141 + X142 + X143 + X144 = 1 X114 + X124 + X134 + X144 <= 1

Y121 - 2 X121 >= 0 Y131 - 2 X131 >= 0 Y141 - 3 X141 >= 0

4 X121 + Y121 + 5 X131 + Y131 + 6 X141 + Y141 + Y112 >= 0
 4 X111 + Y111 + 5 X131 + Y131 + 6 X141 + Y141 + Y122 - 2 X122 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X121 + Y121 + 6 X144 + Y144 + Y132 - 2 X132 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X121 + Y121 + 5 X131 + Y131 + Y142 - 3 X142 >= 0

4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y113 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y123 - 2 X123 >= 0
 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y133 - 2 X133 >= 0
 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + Y143 - 3 X143 >= 0
 0

4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y114 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y124 - 2 X124 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y134 - 2 X134 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + Y144 - 3 X144 >= 0

Y111 >= 0 Y121 >= 0 Y131 >= 0 Y141 >= 0
 Y112 >= 0 Y122 >= 0 Y132 >= 0 Y142 >= 0
 Y113 >= 0 Y123 >= 0 Y133 >= 0 Y143 >= 0
 Y114 >= 0 Y124 >= 0 Y134 >= 0 Y144 >= 0

END

INT X111 INT X112 INT X113 INT X114
 INT X121 INT X122 INT X123 INT X124
 INT X131 INT X132 INT X133 INT X134
 INT X141 INT X142 INT X143 INT X144

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 1

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 40
 OBJECTIVE VALUE = 37.0000000

FIX ALL VARS.(2) WITH RC > 2.00000

NEW INTEGER SOLUTION OF 37.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 73
 BOUND ON OPTIMUM: 37.00000
 ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 73

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **37.00000**

BIJLAGE II

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X111	1.000000	16.000000
X121	0.000000	14.000000
X131	0.000000	18.000000
X141	0.000000	21.000000
X112	0.000000	12.000000
X122	1.000000	10.000000
X132	0.000000	13.000000
X142	0.000000	15.000000
X113	0.000000	8.000000
X123	0.000000	6.000000
X133	1.000000	8.000000
X143	0.000000	9.000000
X114	0.000000	4.000000
X124	0.000000	2.000000
X134	0.000000	3.000000
X144	1.000000	3.000000
Y111	0.000000	4.000000
Y112	0.000000	3.000000
Y113	0.000000	2.000000
Y114	0.000000	1.000000
Y121	0.000000	4.000000
Y122	0.000000	3.000000
Y123	0.000000	2.000000
Y124	0.000000	1.000000
Y131	0.000000	4.000000
Y132	0.000000	3.000000
Y133	0.000000	2.000000
Y134	0.000000	1.000000
Y141	0.000000	4.000000
Y142	0.000000	3.000000
Y143	0.000000	2.000000
Y144	0.000000	1.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	2.000000	0.000000
15)	10.000000	0.000000
16)	4.000000	0.000000
17)	4.000000	0.000000
18)	4.000000	0.000000
19)	6.000000	0.000000
20)	8.000000	0.000000
21)	9.000000	0.000000
22)	9.000000	0.000000
23)	8.000000	0.000000
24)	10.000000	0.000000
25)	0.000000	0.000000
26)	0.000000	0.000000
27)	0.000000	0.000000
28)	0.000000	0.000000
29)	0.000000	0.000000
30)	0.000000	0.000000
31)	0.000000	0.000000
32)	0.000000	0.000000
33)	0.000000	0.000000
34)	0.000000	0.000000
35)	0.000000	0.000000
36)	0.000000	0.000000
37)	0.000000	0.000000
38)	0.000000	0.000000
39)	0.000000	0.000000
40)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 75
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaats 2

MIN 13 X211 + 11 X221 + 15 X231 + 18 X241 + 10 X212 + 8 X222 + 11 X232 + 13 X242
 + 7 X213 + 5 X223 + 7 X233 + 8 X243 + 4 X214 + 2 X224 + 3 X234 + 3 X244
 + 4 Y211 + 3 Y212 + 2 Y213 + Y214 + 4 Y221 + 3 Y222 + 2 Y223 + Y224
 + 4 Y231 + 3 Y232 + 2 Y233 + Y234 + 4 Y241 + 3 Y242 + 2 Y243 + Y244

SUBJECT TO

X211 + X212 + X213 + X214 = 1 X211 + X221 + X231 + X241 <= 1
 X221 + X222 + X223 + X224 = 1 X212 + X222 + X232 + X242 <= 1
 X231 + X232 + X233 + X234 = 1 X213 + X223 + X233 + X243 <= 1
 X241 + X242 + X243 + X244 = 1 X214 + X224 + X234 + X244 <= 1

Y211 + X211 >= 0 Y231 - X231 >= 0
 Y221 - X221 >= 0 Y241 - 2 X241 >= 0

3 X221 + Y221 + 4 X231 + Y231 + 5 X241 + Y241 + Y212 + X212 >= 0
 3 X211 + Y211 + 4 X231 + Y231 + 5 X241 + Y241 + Y222 - X222 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X221 + Y221 + 5 X244 + Y244 + Y232 - X232 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X221 + Y221 + 4 X231 + Y231 + Y242 - 2 X242 >= 0

3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y213 + X213 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y223 - X223 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y233 - X233 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 2 X221 + Y221 + 2 X222 + Y222 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + Y243 - 2 X243 >= 0

3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 4 X233 + Y233 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y214 + X214 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 4 X233 + Y233 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y224 - X224 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y234 - X234 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X233 + Y233 + Y244 - 2 X244 >= 0

Y211 >= 0 Y221 >= 0 Y231 >= 0 Y241 >= 0
 Y212 >= 0 Y222 >= 0 Y232 >= 0 Y242 >= 0
 Y213 >= 0 Y223 >= 0 Y233 >= 0 Y243 >= 0
 Y214 >= 0 Y224 >= 0 Y234 >= 0 Y244 >= 0

END

INT X211 INT X212 INT X213 INT X214
 INT X221 INT X222 INT X223 INT X224
 INT X231 INT X232 INT X233 INT X234
 INT X241 INT X242 INT X243 INT X244

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 2

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 35
 OBJECTIVE VALUE = 31.0000000

FIX ALL VARS.(4) WITH RC > 2.00000

NEW INTEGER SOLUTION OF 31.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 84
 BOUND ON OPTIMUM: 31.00000
 ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 84

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **31.00000**

BIJLAGE II

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X211	1.000000	13.000000
X221	0.000000	11.000000
X231	0.000000	15.000000
X241	0.000000	18.000000
X212	0.000000	10.000000
X222	1.000000	8.000000
X232	0.000000	11.000000
X242	0.000000	13.000000
X213	0.000000	7.000000
X223	0.000000	5.000000
X233	1.000000	7.000000
X243	0.000000	8.000000
X214	0.000000	4.000000
X224	0.000000	2.000000
X234	0.000000	3.000000
X244	1.000000	3.000000
Y211	0.000000	4.000000
Y212	0.000000	3.000000
Y213	0.000000	2.000000
Y214	0.000000	1.000000
Y221	0.000000	4.000000
Y222	0.000000	3.000000
Y223	0.000000	2.000000
Y224	0.000000	1.000000
Y231	0.000000	4.000000
Y232	0.000000	3.000000
Y233	0.000000	2.000000
Y234	0.000000	1.000000
Y241	0.000000	4.000000
Y242	0.000000	3.000000
Y243	0.000000	2.000000
Y244	0.000000	1.000000
X141	0.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	0.000000	0.000000
15)	2.000000	0.000000
16)	8.000000	0.000000
17)	3.000000	0.000000
18)	3.000000	0.000000
19)	3.000000	0.000000
20)	5.000000	0.000000
21)	5.000000	0.000000
22)	7.000000	0.000000
23)	7.000000	0.000000
24)	6.000000	0.000000
25)	9.000000	0.000000
26)	0.000000	0.000000
27)	0.000000	0.000000
28)	0.000000	0.000000
29)	0.000000	0.000000
30)	0.000000	0.000000
31)	0.000000	0.000000
32)	0.000000	0.000000
33)	0.000000	0.000000
34)	0.000000	0.000000
35)	0.000000	0.000000
36)	0.000000	0.000000
37)	0.000000	0.000000
38)	0.000000	0.000000
39)	0.000000	0.000000

40) 0.000000 0.000000
 41) 0.000000 0.000000

NO. ITERATIONS= 86
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaats 3

MIN 9 X311 + 15 X321 + 11 X331 + 22 X341 + 7 X312 + 11 X322 + 8 X332 + 16 X342
 + 5 X313 + 7 X323 + 5 X333 + 10 X343 + 3 X314 + 3 X324 + 2 X334 + 4 X344
 + 4 Y311 + 3 Y312 + 2 Y313 + Y314 + 4 Y321 + 3 Y322 + 2 Y323 + Y324
 + 4 Y331 + 3 Y332 + 2 Y333 + Y334 + 4 Y341 + 3 Y342 + 2 Y343 + Y344

SUBJECT TO

X311 + X312 + X313 + X314 = 1 X311 + X321 + X331 + X341 <= 1
 X321 + X322 + X323 + X324 = 1 X312 + X322 + X332 + X342 <= 1
 X331 + X332 + X333 + X334 = 1 X313 + X323 + X333 + X343 <= 1
 X341 + X342 + X343 + X344 = 1 X314 + X324 + X334 + X344 <= 1

Y311 + X311 >= 0 Y331 - X331 >= 0
 Y321 - X321 >= 0 Y341 - X341 >= 0

4 X321 + Y321 + 3 X331 + Y331 + 6 X341 + Y341 + Y312 + X312 >= 0
 2 X311 + Y311 + 3 X331 + Y331 + 6 X341 + Y341 + Y322 - X322 >= 0
 2 X311 + Y311 + 4 X321 + Y321 + 6 X344 + Y344 + Y332 - X332 >= 0
 2 X311 + Y311 + 4 X321 + Y321 + 3 X331 + Y331 + Y342 - 2 X342 >= 0

4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y313 + X313 >= 0
 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y323 - X323 >= 0
 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y333 - X333 >= 0
 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + Y343 - 2 X343 >= 0

4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y314 + X314 >= 0
 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y324 - X324 >= 0
 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y334 - X334 >= 0
 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + Y344 - 2 X344 >= 0

Y311 >= 0 Y321 >= 0 Y331 >= 0 Y341 >= 0
 Y312 >= 0 Y322 >= 0 Y332 >= 0 Y342 >= 0
 Y313 >= 0 Y323 >= 0 Y333 >= 0 Y343 >= 0
 Y314 >= 0 Y324 >= 0 Y334 >= 0 Y344 >= 0

END

INT X311 INT X312 INT X313 INT X314
 INT X321 INT X322 INT X323 INT X324
 INT X331 INT X332 INT X333 INT X334
 INT X341 INT X342 INT X343 INT X344

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 3

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 23
 OBJECTIVE VALUE = 28.0000000

FIX ALL VARS.(5) WITH RC > 2.00000

NEW INTEGER SOLUTION OF 28.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 33
 BOUND ON OPTIMUM: 28.00000
 ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 33

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

BIJLAGE II

1) **28.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X311	1.000000	9.000000
X321	0.000000	15.000000
X331	0.000000	11.000000
X341	0.000000	22.000000
X312	0.000000	7.000000
X322	0.000000	11.000000
X332	1.000000	8.000000
X342	0.000000	16.000000
X313	0.000000	5.000000
X323	1.000000	7.000000
X333	0.000000	5.000000
X343	0.000000	10.000000
X314	0.000000	3.000000
X324	0.000000	3.000000
X334	0.000000	2.000000
X344	1.000000	4.000000
Y311	0.000000	4.000000
Y312	0.000000	3.000000
Y313	0.000000	2.000000
Y314	0.000000	1.000000
Y321	0.000000	4.000000
Y322	0.000000	3.000000
Y323	0.000000	2.000000
Y324	0.000000	1.000000
Y331	0.000000	4.000000
Y332	0.000000	3.000000
Y333	0.000000	2.000000
Y334	0.000000	1.000000
Y341	0.000000	4.000000
Y342	0.000000	3.000000
Y343	0.000000	2.000000
Y344	0.000000	1.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	0.000000	0.000000
15)	2.000000	0.000000
16)	7.000000	0.000000
17)	2.000000	0.000000
18)	3.000000	0.000000
19)	4.000000	0.000000
20)	2.000000	0.000000
21)	5.000000	0.000000
22)	7.000000	0.000000
23)	5.000000	0.000000
24)	6.000000	0.000000
25)	7.000000	0.000000
26)	0.000000	0.000000
27)	0.000000	0.000000
28)	0.000000	0.000000
29)	0.000000	0.000000
30)	0.000000	0.000000
31)	0.000000	0.000000
32)	0.000000	0.000000
33)	0.000000	0.000000
34)	0.000000	0.000000
35)	0.000000	0.000000
36)	0.000000	0.000000
37)	0.000000	0.000000
38)	0.000000	0.000000

39) 0.000000 0.000000
 40) 0.000000 0.000000
 41) 0.000000 0.000000

NO. ITERATIONS= 34
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaats 4

MIN 14 X411 + 20 X421 + 16 X431 + 27 X441 + 11 X412 + 15 X422 + 10 X432 + 20 X442
 + 8 X413 + 10 X423 + 8 X433 + 13 X443 + 5 X414 + 5 X424 + 4 X434 + 6 X444
 + 4 Y411 + 3 Y412 + 2 Y413 + Y414 + 4 Y421 + 3 Y422 + 2 Y423 + Y424
 + 4 Y431 + 3 Y432 + 2 Y433 + Y434 + 4 Y441 + 3 Y442 + 2 Y443 + Y444

SUBJECT TO

X411 + X412 + X413 + X414 = 1 X411 + X421 + X431 + X441 <= 1
 X421 + X422 + X423 + X424 = 1 X412 + X422 + X432 + X442 <= 1
 X431 + X432 + X433 + X434 = 1 X413 + X423 + X433 + X443 <= 1
 X441 + X442 + X443 + X444 = 1 X414 + X424 + X434 + X444 <= 1

Y411 + 2 X411 >= 0 Y441 - X441 >= 0

5 X421 + Y421 + 4 X431 + Y431 + 7 X441 + Y441 + Y412 + 2 X412 >= 0
 3 X411 + Y411 + 4 X431 + Y431 + 7 X441 + Y441 + Y422 >= 0
 3 X411 + Y411 + 5 X421 + Y421 + 7 X444 + Y444 + Y432 >= 0
 3 X411 + Y411 + 5 X421 + Y421 + 4 X431 + Y431 + Y442 - X442 >= 0

5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y413 + 2 X413 >= 0
 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y423 >= 0
 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y433 >= 0
 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + Y443 - X443 >= 0

5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y414 + 2 X414 >= 0
 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y424 >= 0
 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y434 >= 0
 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + Y444 - X444 >= 0

Y411 >= 0 Y421 >= 0 Y431 >= 0 Y441 >= 0
 Y412 >= 0 Y422 >= 0 Y432 >= 0 Y442 >= 0
 Y413 >= 0 Y423 >= 0 Y433 >= 0 Y443 >= 0
 Y414 >= 0 Y424 >= 0 Y434 >= 0 Y444 >= 0

END

INT X411 INT X412 INT X413 INT X414
 INT X421 INT X422 INT X423 INT X424
 INT X431 INT X432 INT X433 INT X434
 INT X441 INT X442 INT X443 INT X444

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 32
 OBJECTIVE VALUE = 40.0000000

FIX ALL VARS.(7) WITH RC > 2.00000

NEW INTEGER SOLUTION OF 40.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 32
 BOUND ON OPTIMUM: 40.00000
 ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 32

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **40.00000**

BIJLAGE II

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X411	1.000000	14.000000
X421	0.000000	20.000000
X431	0.000000	16.000000
X441	0.000000	31.000000
X412	0.000000	11.000000
X422	0.000000	15.000000
X432	1.000000	10.000000
X442	0.000000	20.000000
X413	0.000000	8.000000
X423	1.000000	10.000000
X433	0.000000	8.000000
X443	0.000000	13.000000
X414	0.000000	5.000000
X424	0.000000	5.000000
X434	0.000000	4.000000
X444	1.000000	6.000000
Y411	0.000000	4.000000
Y412	0.000000	3.000000
Y413	0.000000	2.000000
Y414	0.000000	1.000000
Y421	0.000000	4.000000
Y422	0.000000	3.000000
Y423	0.000000	2.000000
Y424	0.000000	1.000000
Y431	0.000000	4.000000
Y432	0.000000	3.000000
Y433	0.000000	2.000000
Y434	0.000000	1.000000
Y441	0.000000	0.000000
Y442	0.000000	3.000000
Y443	0.000000	2.000000
Y444	0.000000	1.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	2.000000	0.000000
11)	0.000000	-4.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	3.000000	0.000000
14)	10.000000	0.000000
15)	3.000000	0.000000
16)	4.000000	0.000000
17)	7.000000	0.000000
18)	3.000000	0.000000
19)	7.000000	0.000000
20)	9.000000	0.000000
21)	7.000000	0.000000
22)	8.000000	0.000000
23)	11.000000	0.000000
24)	0.000000	0.000000
25)	0.000000	0.000000
26)	0.000000	0.000000
27)	0.000000	0.000000
28)	0.000000	0.000000
29)	0.000000	0.000000
30)	0.000000	0.000000
31)	0.000000	0.000000
32)	0.000000	0.000000
33)	0.000000	0.000000
34)	0.000000	0.000000
35)	0.000000	0.000000
36)	0.000000	0.000000
37)	0.000000	0.000000
38)	0.000000	0.000000
39)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 32
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 1 & 2

MIN 16 X111 + 14 X121 + 18 X131 + 21 X141 + 12 X112 + 10 X122 + 13 X132 + 15 X142
 + 8 X113 + 6 X123 + 8 X133 + 9 X143 + 4 X114 + 2 X124 + 3 X134 + 3 X144
 + 13 X211 + 11 X221 + 15 X231 + 18 X241 + 10 X212 + 8 X222 + 11 X232 + 13 X242
 + 7 X213 + 5 X223 + 7 X233 + 8 X243 + 4 X214 + 2 X224 + 3 X234 + 3 X244
 + 4 Y111 + 3 Y112 + 2 Y113 + Y114 + 4 Y121 + 3 Y122 + 2 Y123 + Y124
 + 4 Y131 + 3 Y132 + 2 Y133 + Y134 + 4 Y141 + 3 Y142 + 2 Y143 + Y144
 + 4 Y211 + 3 Y212 + 2 Y213 + Y214 + 4 Y221 + 3 Y222 + 2 Y223 + Y224
 + 4 Y231 + 3 Y232 + 2 Y233 + Y234 + 4 Y241 + 3 Y242 + 2 Y243 + Y244

SUBJECT TO

X111 + X112 + X113 + X114 + X211 + X212 + X213 + X214 = 1
 X121 + X122 + X123 + X124 + X221 + X222 + X223 + X224 = 1
 X131 + X132 + X133 + X134 + X231 + X232 + X233 + X234 = 1
 X141 + X142 + X143 + X144 + X241 + X242 + X243 + X244 = 1

X111 + X121 + X131 + X141 <= 1 X211 + X221 + X231 + X241 <= 1
 X112 + X122 + X132 + X142 <= 1 X212 + X222 + X232 + X242 <= 1
 X113 + X123 + X133 + X143 <= 1 X213 + X223 + X233 + X243 <= 1
 X114 + X124 + X134 + X144 <= 1 X214 + X224 + X234 + X244 <= 1

Y121 - 2 X121 >= 0 Y211 + X211 >= 0 Y241 - 2 X141 >= 0
 Y131 - 2 X131 >= 0 Y221 - X221 >= 0
 Y141 - 3 X141 >= 0 Y231 - X231 >= 0

4 X121 + Y121 + 5 X131 + Y131 + 6 X141 + Y141 + Y112 >= 0
 4 X111 + Y111 + 5 X131 + Y131 + 6 X141 + Y141 + Y122 - 2 X122 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X121 + Y121 + 6 X144 + Y144 + Y132 - 2 X132 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X121 + Y121 + 5 X131 + Y131 + Y142 - 3 X142 >= 0

3 X221 + Y221 + 4 X231 + Y231 + 5 X241 + Y241 + Y212 + X212 >= 0
 3 X211 + Y211 + 4 X231 + Y231 + 5 X241 + Y241 + Y222 - X222 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X221 + Y221 + 5 X244 + Y244 + Y232 - X232 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X221 + Y221 + 4 X231 + Y231 + Y242 - 2 X242 >= 0

4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y113 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y123 - 2 X123 >= 0
 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y133 - 2 X133 >= 0
 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + Y143 - 3 X143 >= 0
 0

3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y213 + X213 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y223 - X223 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y233 - X233 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 2 X221 + Y221 + 2 X222 + Y222 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + Y243 - 2 X243 >= 0
 0

4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y114 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y124 - 2 X124 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y134 - 2 X134 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + Y144 - 3 X144 >= 0

3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 4 X233 + Y233 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y214 + X214 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 4 X233 + Y233 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y224 - X224 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y234 - X234 >= 0

BIJLAGE II

3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X233 + Y233 + Y244 - 2 X244 >= 0

Y111 >= 0	Y121 >= 0	Y131 >= 0	Y141 >= 0
Y112 >= 0	Y122 >= 0	Y132 >= 0	Y142 >= 0
Y113 >= 0	Y123 >= 0	Y133 >= 0	Y143 >= 0
Y114 >= 0	Y124 >= 0	Y134 >= 0	Y144 >= 0

Y211 >= 0	Y221 >= 0	Y231 >= 0	Y241 >= 0
Y212 >= 0	Y222 >= 0	Y232 >= 0	Y242 >= 0
Y213 >= 0	Y223 >= 0	Y233 >= 0	Y243 >= 0
Y214 >= 0	Y224 >= 0	Y234 >= 0	Y244 >= 0

END

INT X111	INT X112	INT X113	INT X114
INT X121	INT X122	INT X123	INT X124
INT X131	INT X132	INT X133	INT X134
INT X141	INT X142	INT X143	INT X144

INT X211	INT X212	INT X213	INT X214
INT X221	INT X222	INT X223	INT X224
INT X231	INT X232	INT X233	INT X234
INT X241	INT X242	INT X243	INT X244

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 1 & 2

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 56
OBJECTIVE VALUE = 19.6666660

FIX ALL VARS.(6) WITH RC > 1.37588
SET X233 TO >= 1 AT 1, BND= -22.00 TWIN= -21.00 432

NEW INTEGER SOLUTION OF 22.0000000 AT BRANCH 1 PIVOT 432
BOUND ON OPTIMUM: 21.00000
FLIP X233 TO <= 0 AT 1 WITH BND= -21.000000
SET X212 TO <= 0 AT 2, BND= -21.00 TWIN= -22.00 489
SET X121 TO <= 0 AT 3, BND= -21.00 TWIN=-0.1000E+31 489
SET X122 TO <= 0 AT 4, BND= -21.00 TWIN=-0.1000E+31 489
SET X223 TO >= 1 AT 5, BND= -21.00 TWIN= -21.41 505

NEW INTEGER SOLUTION OF 21.0000000 AT BRANCH 3 PIVOT 505
BOUND ON OPTIMUM: 21.00000
DELETE X223 AT LEVEL 5
DELETE X122 AT LEVEL 4
DELETE X121 AT LEVEL 3
DELETE X212 AT LEVEL 2
DELETE X233 AT LEVEL 1
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 3 PIVOTS= 505

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **21.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X111	0.000000	16.000000
X121	0.000000	10.000000
X131	0.000000	13.000000
X141	0.000000	15.000000
X112	0.000000	12.000000
X122	0.000000	6.000000
X132	0.000000	8.000000
X142	0.000000	9.000000
X113	1.000000	8.000000
X123	0.000000	2.000000
X133	0.000000	3.000000
X143	0.000000	3.000000
X114	0.000000	4.000000
X124	0.000000	2.000000
X134	1.000000	3.000000
X144	0.000000	3.000000

BIJLAGE II

X211	0.000000	7.000000
X221	0.000000	8.000000
X231	0.000000	3.000000
X241	0.000000	3.000000
X212	0.000000	4.000000
X222	0.000000	5.000000
X232	0.000000	-1.000000
X242	0.000000	-2.000000
X213	0.000000	6.000000
X223	1.000000	7.000000
X233	0.000000	7.000000
X243	0.000000	8.000000
X214	0.000000	4.000000
X224	0.000000	2.000000
X234	0.000000	3.000000
X244	1.000000	3.000000
Y111	0.000000	4.000000
Y112	0.000000	3.000000
Y113	0.000000	2.000000
Y114	0.000000	0.000000
Y121	0.000000	3.000000
Y122	0.000000	2.000000
Y123	0.000000	1.000000
Y124	0.000000	1.000000
Y131	0.000000	3.000000
Y132	0.000000	2.000000
Y133	0.000000	1.000000
Y134	0.000000	1.000000
Y141	0.000000	3.000000
Y142	0.000000	2.000000
Y143	0.000000	1.000000
Y144	0.000000	1.000000
Y211	0.000000	2.000000
Y212	0.000000	1.000000
Y213	0.000000	1.000000
Y214	0.000000	1.000000
Y221	0.000000	3.000000
Y222	0.000000	2.000000
Y223	1.000000	0.000000
Y224	0.000000	1.000000
Y231	0.000000	1.000000
Y232	0.000000	0.000000
Y233	0.000000	2.000000
Y234	0.000000	1.000000
Y241	0.000000	1.000000
Y242	0.000000	0.000000
Y243	0.000000	2.000000
Y244	0.000000	1.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	0.000000	0.000000
15)	0.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	0.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	0.000000	0.000000
20)	0.000000	0.000000
21)	0.000000	0.000000
22)	0.000000	0.000000
23)	0.000000	0.000000
24)	0.000000	0.000000
25)	0.000000	0.000000

BIJLAGE II

26)	0.000000	0.000000
27)	5.000000	0.000000
28)	0.000000	0.000000
29)	0.000000	0.000000
30)	0.000000	0.000000
31)	0.000000	0.000000
32)	0.000000	0.000000
33)	0.000000	-1.000000
34)	0.000000	-2.000000
35)	0.000000	0.000000
36)	0.000000	0.000000
37)	0.000000	-1.000000
38)	4.000000	0.000000
39)	2.000000	0.000000
40)	4.000000	0.000000
41)	4.000000	0.000000
42)	0.000000	0.000000
43)	4.000000	0.000000
44)	2.000000	0.000000
45)	0.000000	0.000000
46)	0.000000	0.000000
47)	0.000000	0.000000
48)	0.000000	0.000000
49)	0.000000	0.000000
50)	0.000000	0.000000
51)	0.000000	0.000000
52)	0.000000	0.000000
53)	0.000000	0.000000
54)	0.000000	0.000000
55)	0.000000	0.000000
56)	0.000000	0.000000
57)	0.000000	0.000000
58)	0.000000	0.000000
59)	0.000000	0.000000
60)	0.000000	0.000000
61)	0.000000	0.000000
62)	0.000000	0.000000
63)	0.000000	0.000000
64)	0.000000	0.000000
65)	0.000000	0.000000
66)	0.000000	0.000000
67)	1.000000	0.000000
68)	0.000000	0.000000
69)	0.000000	0.000000
70)	0.000000	0.000000
71)	0.000000	0.000000
72)	0.000000	0.000000
73)	0.000000	0.000000
74)	0.000000	0.000000
75)	0.000000	0.000000
76)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 512
BRANCHES= 3 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 1 & 3

MIN 16 X111 + 14 X121 + 18 X131 + 21 X141 + 12 X112 + 10 X122 + 13 X132 + 15 X142
+ 8 X113 + 6 X123 + 8 X133 + 9 X143 + 4 X114 + 2 X124 + 3 X134 + 3 X144
+ 9 X311 + 15 X321 + 11 X331 + 22 X341 + 7 X312 + 11 X322 + 8 X332 + 16 X342
+ 5 X313 + 7 X323 + 5 X333 + 10 X343 + 3 X314 + 3 X324 + 2 X334 + 4 X344
+ 4 Y111 + 3 Y112 + 2 Y113 + Y114 + 4 Y121 + 3 Y122 + 2 Y123 + Y124
+ 4 Y131 + 3 Y132 + 2 Y133 + Y134 + 4 Y141 + 3 Y142 + 2 Y143 + Y144
+ 4 Y311 + 3 Y312 + 2 Y313 + Y314 + 4 Y321 + 3 Y322 + 2 Y323 + Y324
+ 4 Y331 + 3 Y332 + 2 Y333 + Y334 + 4 Y341 + 3 Y342 + 2 Y343 + Y344

SUBJECT TO

X111 + X112 + X113 + X114 + X311 + X312 + X313 + X314 = 1
X121 + X122 + X123 + X124 + X321 + X322 + X323 + X324 = 1
X131 + X132 + X133 + X134 + X331 + X332 + X333 + X334 = 1
X141 + X142 + X143 + X144 + X341 + X342 + X343 + X344 = 1

BIJLAGE II

$$\begin{array}{ll}
 X111 + X121 + X131 + X141 \leq 1 & X311 + X321 + X331 + X341 \leq 1 \\
 X112 + X122 + X132 + X142 \leq 1 & X312 + X322 + X332 + X342 \leq 1 \\
 X113 + X123 + X133 + X143 \leq 1 & X313 + X323 + X333 + X343 \leq 1 \\
 X114 + X124 + X134 + X144 \leq 1 & X314 + X324 + X334 + X344 \leq 1
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll}
 Y121 - 2 X121 \geq 0 & Y311 + X311 \geq 0 & Y341 - X341 \geq 0 \\
 Y131 - 2 X131 \geq 0 & Y321 - X321 \geq 0 & \\
 Y141 - 3 X141 \geq 0 & Y331 - X331 \geq 0 &
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 4 X121 + Y121 + 5 X131 + Y131 + 6 X141 + Y141 + Y112 \geq 0 \\
 4 X111 + Y111 + 5 X131 + Y131 + 6 X141 + Y141 + Y122 - 2 X122 \geq 0 \\
 4 X111 + Y111 + 4 X121 + Y121 + 6 X144 + Y144 + Y132 - 2 X132 \geq 0 \\
 4 X111 + Y111 + 4 X121 + Y121 + 5 X131 + Y131 + Y142 - 3 X142 \geq 0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 4 X321 + Y321 + 3 X331 + Y331 + 6 X341 + Y341 + Y312 + X312 \geq 0 \\
 2 X311 + Y311 + 3 X331 + Y331 + 6 X341 + Y341 + Y322 - X322 \geq 0 \\
 2 X311 + Y311 + 4 X321 + Y321 + 6 X344 + Y344 + Y332 - X332 \geq 0 \\
 2 X311 + Y311 + 4 X321 + Y321 + 3 X331 + Y331 + Y342 - 2 X342 \geq 0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y113 \geq 0 \\
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y123 - 2 X123 \geq 0 \\
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y133 - 2 X133 \geq 0 \\
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + Y143 - 3 X143 \geq 0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y313 + X313 \geq 0 \\
 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y323 - X323 \geq 0 \\
 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y333 - X333 \geq 0 \\
 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + Y343 - 2 X343 \geq 0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y114 \geq 0 \\
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y124 - 2 X124 \geq 0 \\
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y134 - 2 X134 \geq 0 \\
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + Y144 - 3 X144 \geq 0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y314 + X314 \geq 0 \\
 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y324 - X324 \geq 0 \\
 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y334 - X334 \geq 0 \\
 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + Y344 - 2 X344 \geq 0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{llll}
 Y111 \geq 0 & Y121 \geq 0 & Y131 \geq 0 & Y141 \geq 0 \\
 Y112 \geq 0 & Y122 \geq 0 & Y132 \geq 0 & Y142 \geq 0 \\
 Y113 \geq 0 & Y123 \geq 0 & Y133 \geq 0 & Y143 \geq 0 \\
 Y114 \geq 0 & Y124 \geq 0 & Y134 \geq 0 & Y144 \geq 0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{llll}
 Y311 \geq 0 & Y321 \geq 0 & Y331 \geq 0 & Y341 \geq 0 \\
 Y312 \geq 0 & Y322 \geq 0 & Y332 \geq 0 & Y342 \geq 0 \\
 Y313 \geq 0 & Y323 \geq 0 & Y333 \geq 0 & Y343 \geq 0 \\
 Y314 \geq 0 & Y324 \geq 0 & Y334 \geq 0 & Y344 \geq 0
 \end{array}$$

END

$$\begin{array}{llll}
 \text{INT } X111 & \text{INT } X112 & \text{INT } X113 & \text{INT } X114 \\
 \text{INT } X121 & \text{INT } X122 & \text{INT } X123 & \text{INT } X124 \\
 \text{INT } X131 & \text{INT } X132 & \text{INT } X133 & \text{INT } X134 \\
 \text{INT } X141 & \text{INT } X142 & \text{INT } X143 & \text{INT } X144
 \end{array}$$

$$\begin{array}{llll}
 \text{INT } X311 & \text{INT } X312 & \text{INT } X313 & \text{INT } X314 \\
 \text{INT } X321 & \text{INT } X322 & \text{INT } X323 & \text{INT } X324 \\
 \text{INT } X331 & \text{INT } X332 & \text{INT } X333 & \text{INT } X334 \\
 \text{INT } X341 & \text{INT } X342 & \text{INT } X343 & \text{INT } X344
 \end{array}$$

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 1 & 3

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 72
 OBJECTIVE VALUE = 18.0799999

FIX ALL VARS.(12) WITH RC > 1.00000
 SET X144 TO <= 0 AT 1, BND= -20.00 TWIN= -19.20 401

NEW INTEGER SOLUTION OF 20.0000000 AT BRANCH 1 PIVOT 401
 BOUND ON OPTIMUM: 19.20000

FLIP X144 TO >= 1 AT 1 WITH BND= -19.200001
 SET X141 TO <= 0 AT 2, BND= -19.20 TWIN=-0.1000E+31 401
 SET X142 TO <= 0 AT 3, BND= -19.20 TWIN=-0.1000E+31 401
 SET X311 TO <= 0 AT 4, BND= -19.20 TWIN=-0.1000E+31 401
 SET X333 TO <= 0 AT 5, BND= -19.60 TWIN= -21.00 419
 SET X113 TO <= 0 AT 6, BND= -19.60 TWIN=-0.1000E+31 419
 SET X123 TO >= 1 AT 7, BND= -20.00 TWIN= -21.40 447

DELETE X123 AT LEVEL 7
 DELETE X113 AT LEVEL 6
 DELETE X333 AT LEVEL 5
 DELETE X311 AT LEVEL 4
 DELETE X142 AT LEVEL 3
 DELETE X141 AT LEVEL 2
 DELETE X144 AT LEVEL 1

RELEASE FIXED VARIABLES
 ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 3 PIVOTS= 543

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **20.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X111	0.000000	12.000000
X121	0.000000	14.000000
X131	0.000000	13.000000
X141	0.000000	15.000000
X112	0.000000	8.000000
X122	0.000000	10.000000
X132	0.000000	8.000000
X142	0.000000	9.000000
X113	0.000000	4.000000
X123	0.000000	6.000000
X133	0.000000	3.000000
X143	0.000000	3.000000
X114	0.000000	4.000000
X124	1.000000	4.000000
X134	0.000000	3.000000
X144	0.000000	3.000000
X311	0.000000	9.000000
X321	0.000000	15.000000
X331	0.000000	11.000000
X341	0.000000	22.000000
X312	1.000000	7.000000
X322	0.000000	11.000000
X332	0.000000	8.000000
X342	0.000000	16.000000
X313	0.000000	5.000000
X323	0.000000	7.000000
X333	1.000000	5.000000
X343	0.000000	10.000000
X314	0.000000	3.000000
X324	0.000000	3.000000
X334	0.000000	2.000000
X344	1.000000	4.000000
Y111	0.000000	3.000000
Y112	0.000000	2.000000
Y113	0.000000	1.000000
Y114	0.000000	1.000000
Y121	0.000000	4.000000
Y122	0.000000	3.000000
Y123	0.000000	2.000000

BIJLAGE II

Y124	2.000000	0.000000
Y131	0.000000	3.000000
Y132	0.000000	2.000000
Y133	0.000000	1.000000
Y134	0.000000	1.000000
Y141	0.000000	3.000000
Y142	0.000000	2.000000
Y143	0.000000	1.000000
Y144	0.000000	1.000000
Y311	0.000000	4.000000
Y312	0.000000	3.000000
Y313	0.000000	2.000000
Y314	0.000000	1.000000
Y321	0.000000	4.000000
Y322	0.000000	3.000000
Y323	0.000000	2.000000
Y324	0.000000	1.000000
Y331	0.000000	4.000000
Y332	0.000000	3.000000
Y333	0.000000	2.000000
Y334	0.000000	1.000000
Y341	0.000000	4.000000
Y342	0.000000	3.000000
Y343	0.000000	2.000000
Y344	0.000000	1.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	1.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	0.000000	0.000000
15)	0.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	0.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	0.000000	0.000000
20)	0.000000	0.000000
21)	0.000000	0.000000
22)	0.000000	0.000000
23)	0.000000	0.000000
24)	0.000000	0.000000
25)	1.000000	0.000000
26)	0.000000	0.000000
27)	6.000000	0.000000
28)	0.000000	0.000000
29)	0.000000	0.000000
30)	0.000000	0.000000
31)	0.000000	0.000000
32)	0.000000	0.000000
33)	0.000000	0.000000
34)	2.000000	0.000000
35)	1.000000	0.000000
36)	2.000000	0.000000
37)	0.000000	0.000000
38)	0.000000	-1.000000
39)	0.000000	0.000000
40)	0.000000	0.000000
41)	3.000000	0.000000
42)	5.000000	0.000000
43)	2.000000	0.000000
44)	3.000000	0.000000
45)	0.000000	0.000000
46)	0.000000	0.000000
47)	0.000000	0.000000
48)	0.000000	0.000000

BIJLAGE II

49)	0.000000	0.000000
50)	0.000000	0.000000
51)	0.000000	0.000000
52)	2.000000	0.000000
53)	0.000000	0.000000
54)	0.000000	0.000000
55)	0.000000	0.000000
56)	0.000000	0.000000
57)	0.000000	0.000000
58)	0.000000	0.000000
59)	0.000000	0.000000
60)	0.000000	0.000000
61)	0.000000	0.000000
62)	0.000000	0.000000
63)	0.000000	0.000000
64)	0.000000	0.000000
65)	0.000000	0.000000
66)	0.000000	0.000000
67)	0.000000	0.000000
68)	0.000000	0.000000
69)	0.000000	0.000000
70)	0.000000	0.000000
71)	0.000000	0.000000
72)	0.000000	0.000000
73)	0.000000	0.000000
74)	0.000000	0.000000
75)	0.000000	0.000000
76)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 551
BRANCHES= 3 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 1 & 4

MIN 16 X111 + 14 X121 + 18 X131 + 21 X141 + 12 X112 + 10 X122 + 13 X132 + 15 X142
+ 8 X113 + 6 X123 + 8 X133 + 9 X143 + 4 X114 + 2 X124 + 3 X134 + 3 X144
+ 14 X411 + 20 X421 + 16 X431 + 27 X441 + 11 X412 + 15 X422 + 10 X432 + 20 X442
+ 8 X413 + 10 X423 + 8 X433 + 13 X443 + 5 X414 + 5 X424 + 4 X434 + 6 X444
+ 4 Y111 + 3 Y112 + 2 Y113 + Y114 + 4 Y121 + 3 Y122 + 2 Y123 + Y124
+ 4 Y131 + 3 Y132 + 2 Y133 + Y134 + 4 Y141 + 3 Y142 + 2 Y143 + Y144
+ 4 Y411 + 3 Y412 + 2 Y413 + Y414 + 4 Y421 + 3 Y422 + 2 Y423 + Y424
+ 4 Y431 + 3 Y432 + 2 Y433 + Y434 + 4 Y441 + 3 Y442 + 2 Y443 + Y444

SUBJECT TO

X111 + X112 + X113 + X114 + X411 + X412 + X413 + X414 = 1
X121 + X122 + X123 + X124 + X421 + X422 + X423 + X424 = 1
X131 + X132 + X133 + X134 + X431 + X432 + X433 + X434 = 1
X141 + X142 + X143 + X144 + X441 + X442 + X443 + X444 = 1

X111 + X121 + X131 + X141 <= 1 X411 + X421 + X431 + X441 <= 1
X112 + X122 + X132 + X142 <= 1 X412 + X422 + X432 + X442 <= 1
X113 + X123 + X133 + X143 <= 1 X413 + X423 + X433 + X443 <= 1
X114 + X124 + X134 + X144 <= 1 X414 + X424 + X434 + X444 <= 1

Y121 - 2 X121 >= 0 Y411 + 2 X411 >= 0
Y131 - 2 X131 >= 0 Y441 - X441 >= 0
Y141 - 3 X141 >= 0

4 X121 + Y121 + 5 X131 + Y131 + 6 X141 + Y141 + Y112 >= 0
4 X111 + Y111 + 5 X131 + Y131 + 6 X141 + Y141 + Y122 - 2 X122 >= 0
4 X111 + Y111 + 4 X121 + Y121 + 6 X144 + Y144 + Y132 - 2 X132 >= 0
4 X111 + Y111 + 4 X121 + Y121 + 5 X131 + Y131 + Y142 - 3 X142 >= 0

5 X421 + Y421 + 4 X431 + Y431 + 7 X441 + Y441 + Y412 + 2 X412 >= 0
3 X411 + Y411 + 4 X431 + Y431 + 7 X441 + Y441 + Y422 >= 0
3 X411 + Y411 + 5 X421 + Y421 + 7 X444 + Y444 + Y432 >= 0
3 X411 + Y411 + 5 X421 + Y421 + 4 X431 + Y431 + Y442 - X442 >= 0

4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y113 >= 0
4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y123 - 2 X123 >= 0

0

BIJLAGE II

$4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y133 - 2 X133 \geq 0$
 $4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + Y143 - 3 X143 \geq 0$
 $5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y413 + 2 X413 \geq 0$
 $3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y423 \geq 0$
 $3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y433 \geq 0$
 $3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + Y443 - X443 \geq 0$
 $4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y114 \geq 0$
 $4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y124 - 2 X124 \geq 0$
 $4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y134 - 2 X134 \geq 0$
 $4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + Y144 - 3 X144 \geq 0$
 $5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y414 + 2 X414 \geq 0$
 $3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y424 \geq 0$
 $3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y434 \geq 0$
 $3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + Y444 - X444 \geq 0$

Y111 >= 0	Y121 >= 0	Y131 >= 0	Y141 >= 0
Y112 >= 0	Y122 >= 0	Y132 >= 0	Y142 >= 0
Y113 >= 0	Y123 >= 0	Y133 >= 0	Y143 >= 0
Y114 >= 0	Y124 >= 0	Y134 >= 0	Y144 >= 0
Y411 >= 0	Y421 >= 0	Y431 >= 0	Y441 >= 0
Y412 >= 0	Y422 >= 0	Y432 >= 0	Y442 >= 0
Y413 >= 0	Y423 >= 0	Y433 >= 0	Y443 >= 0
Y414 >= 0	Y424 >= 0	Y434 >= 0	Y444 >= 0

END

INT X111	INT X112	INT X113	INT X114
INT X121	INT X122	INT X123	INT X124
INT X131	INT X132	INT X133	INT X134
INT X141	INT X142	INT X143	INT X144
INT X411	INT X412	INT X413	INT X414
INT X421	INT X422	INT X423	INT X424
INT X431	INT X432	INT X433	INT X434
INT X441	INT X442	INT X443	INT X444

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 1 & 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 42
OBJECTIVE VALUE = 23.0000000

FIX ALL VARS.(8) WITH RC > 2.00000

NEW INTEGER SOLUTION OF 24.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 243
BOUND ON OPTIMUM: 24.00000
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 243

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **24.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X111	0.000000	16.000000
X121	0.000000	6.000000
X131	0.000000	8.000000
X141	0.000000	9.000000

BIJLAGE II

X112	0.000000	12.000000
X122	0.000000	2.000000
X132	0.000000	3.000000
X142	0.000000	3.000000
X113	1.000000	8.000000
X123	0.000000	6.000000
X133	0.000000	8.000000
X143	0.000000	9.000000
X114	0.000000	4.000000
X124	1.000000	2.000000
X134	0.000000	3.000000
X144	0.000000	3.000000
X411	0.000000	14.000000
X421	0.000000	20.000000
X431	0.000000	16.000000
X441	0.000000	27.000000
X412	0.000000	11.000000
X422	0.000000	15.000000
X432	0.000000	10.000000
X442	0.000000	20.000000
X413	0.000000	8.000000
X423	0.000000	10.000000
X433	1.000000	8.000000
X443	0.000000	13.000000
X414	0.000000	5.000000
X424	0.000000	5.000000
X434	0.000000	4.000000
X444	1.000000	6.000000
Y111	0.000000	4.000000
Y112	0.000000	3.000000
Y113	0.000000	0.000000
Y114	0.000000	1.000000
Y121	0.000000	2.000000
Y122	0.000000	1.000000
Y123	0.000000	2.000000
Y124	0.000000	1.000000
Y131	0.000000	2.000000
Y132	0.000000	1.000000
Y133	0.000000	2.000000
Y134	0.000000	1.000000
Y141	0.000000	2.000000
Y142	0.000000	1.000000
Y143	0.000000	2.000000
Y144	0.000000	1.000000
Y411	0.000000	4.000000
Y412	0.000000	3.000000
Y413	0.000000	2.000000
Y414	0.000000	1.000000
Y421	0.000000	4.000000
Y422	0.000000	3.000000
Y423	0.000000	2.000000
Y424	0.000000	1.000000
Y431	0.000000	4.000000
Y432	0.000000	3.000000
Y433	0.000000	2.000000
Y434	0.000000	1.000000
Y441	0.000000	0.000000
Y442	0.000000	3.000000
Y443	0.000000	2.000000
Y444	0.000000	1.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

BIJLAGE II

14)	0.000000	0.000000
15)	0.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	0.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	0.000000	0.000000
20)	0.000000	0.000000
21)	0.000000	0.000000
22)	0.000000	0.000000
23)	0.000000	0.000000
24)	0.000000	0.000000
25)	7.000000	0.000000
26)	0.000000	0.000000
27)	0.000000	-2.000000
28)	0.000000	0.000000
29)	0.000000	0.000000
30)	0.000000	0.000000
31)	0.000000	0.000000
32)	0.000000	0.000000
33)	0.000000	0.000000
34)	0.000000	0.000000
35)	0.000000	0.000000
36)	2.000000	0.000000
37)	4.000000	0.000000
38)	4.000000	0.000000
39)	4.000000	0.000000
40)	4.000000	0.000000
41)	0.000000	0.000000
42)	3.000000	0.000000
43)	0.000000	0.000000
44)	0.000000	0.000000
45)	0.000000	0.000000
46)	0.000000	0.000000
47)	0.000000	0.000000
48)	0.000000	0.000000
49)	0.000000	0.000000
50)	0.000000	0.000000
51)	0.000000	0.000000
52)	0.000000	0.000000
53)	0.000000	0.000000
54)	0.000000	0.000000
55)	0.000000	0.000000
56)	0.000000	0.000000
57)	0.000000	0.000000
58)	0.000000	0.000000
59)	0.000000	0.000000
60)	0.000000	0.000000
61)	0.000000	0.000000
62)	0.000000	0.000000
63)	0.000000	0.000000
64)	0.000000	0.000000
65)	0.000000	0.000000
66)	0.000000	0.000000
67)	0.000000	0.000000
68)	0.000000	0.000000
69)	0.000000	0.000000
70)	0.000000	0.000000
71)	0.000000	-4.000000
72)	0.000000	0.000000
73)	0.000000	0.000000
74)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 245
BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 2 & 3

MIN 13 X211 + 11 X221 + 15 X231 + 18 X241 + 10 X212 + 8 X222 + 11 X232 + 13 X242
+ 7 X213 + 5 X223 + 7 X233 + 8 X243 + 4 X214 + 2 X224 + 3 X234 + 3 X244
+ 9 X311 + 15 X321 + 11 X331 + 22 X341 + 7 X312 + 11 X322 + 8 X332 + 16 X342
+ 5 X313 + 7 X323 + 5 X333 + 10 X343 + 3 X314 + 3 X324 + 2 X334 + 4 X344
+ 4 Y211 + 3 Y212 + 2 Y213 + Y214 + 4 Y221 + 3 Y222 + 2 Y223 + Y224
+ 4 Y231 + 3 Y232 + 2 Y233 + Y234 + 4 Y241 + 3 Y242 + 2 Y243 + Y244

BIJLAGE II

$$+ 4 Y311 + 3 Y312 + 2 Y313 + Y314 + 4 Y321 + 3 Y322 + 2 Y323 + Y324$$
$$+ 4 Y331 + 3 Y332 + 2 Y333 + Y334 + 4 Y341 + 3 Y342 + 2 Y343 + Y344$$

SUBJECT TO

$$X211 + X212 + X213 + X214 + X311 + X312 + X313 + X314 = 1$$
$$X221 + X222 + X223 + X224 + X321 + X322 + X323 + X324 = 1$$
$$X231 + X232 + X233 + X234 + X331 + X332 + X333 + X334 = 1$$
$$X241 + X242 + X243 + X244 + X341 + X342 + X343 + X344 = 1$$

$$X211 + X221 + X231 + X241 \leq 1 \quad X311 + X321 + X331 + X341 \leq 1$$
$$X212 + X222 + X232 + X242 \leq 1 \quad X312 + X322 + X332 + X342 \leq 1$$
$$X213 + X223 + X233 + X243 \leq 1 \quad X313 + X323 + X333 + X343 \leq 1$$
$$X214 + X224 + X234 + X244 \leq 1 \quad X314 + X324 + X334 + X344 \leq 1$$

$$Y211 + X211 \geq 0 \quad Y311 + X311 \geq 0$$
$$Y221 - X221 \geq 0 \quad Y321 - X321 \geq 0$$
$$Y231 - X231 \geq 0 \quad Y331 - X331 \geq 0$$
$$Y241 - 2 X241 \geq 0 \quad Y341 - X341 \geq 0$$

$$3 X221 + Y221 + 4 X231 + Y231 + 5 X241 + Y241 + Y212 + X212 \geq 0$$
$$3 X211 + Y211 + 4 X231 + Y231 + 5 X241 + Y241 + Y222 - X222 \geq 0$$
$$3 X211 + Y211 + 3 X221 + Y221 + 5 X244 + Y244 + Y232 - X232 \geq 0$$
$$3 X211 + Y211 + 3 X221 + Y221 + 4 X231 + Y231 + Y242 - 2 X242 \geq 0$$

$$4 X321 + Y321 + 3 X331 + Y331 + 6 X341 + Y341 + Y312 + X312 \geq 0$$
$$2 X311 + Y311 + 3 X331 + Y331 + 6 X341 + Y341 + Y322 - X322 \geq 0$$
$$2 X311 + Y311 + 4 X321 + Y321 + 6 X344 + Y344 + Y332 - X332 \geq 0$$
$$2 X311 + Y311 + 4 X321 + Y321 + 3 X331 + Y331 + Y342 - 2 X342 \geq 0$$

$$3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y213 + X213 \geq 0$$
$$3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y223 - X223 \geq 0$$
$$3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y233 - X233 \geq 0$$
$$3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 2 X221 + Y221 + 2 X222 + Y222 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + Y243 - 2 X243 \geq 0$$

$$4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y313 + X313 \geq 0$$
$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y323 - X323 \geq 0$$
$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y333 - X333 \geq 0$$
$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + Y343 - 2 X343 \geq 0$$

$$3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 4 X233 + Y233 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y214 + X214 \geq 0$$
$$3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 4 X233 + Y233 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y224 - X224 \geq 0$$
$$3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y234 - X234 \geq 0$$
$$3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X233 + Y233 + Y244 - 2 X244 \geq 0$$

$$4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y314 + X314 \geq 0$$
$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y324 - X324 \geq 0$$
$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y334 - X334 \geq 0$$
$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + Y344 - 2 X344 \geq 0$$

$$Y211 \geq 0 \quad Y221 \geq 0 \quad Y231 \geq 0 \quad Y241 \geq 0$$
$$Y212 \geq 0 \quad Y222 \geq 0 \quad Y232 \geq 0 \quad Y242 \geq 0$$
$$Y213 \geq 0 \quad Y223 \geq 0 \quad Y233 \geq 0 \quad Y243 \geq 0$$
$$Y214 \geq 0 \quad Y224 \geq 0 \quad Y234 \geq 0 \quad Y244 \geq 0$$

$$Y311 \geq 0 \quad Y321 \geq 0 \quad Y331 \geq 0 \quad Y341 \geq 0$$
$$Y312 \geq 0 \quad Y322 \geq 0 \quad Y332 \geq 0 \quad Y342 \geq 0$$
$$Y313 \geq 0 \quad Y323 \geq 0 \quad Y333 \geq 0 \quad Y343 \geq 0$$
$$Y314 \geq 0 \quad Y324 \geq 0 \quad Y334 \geq 0 \quad Y344 \geq 0$$

END

INT X211 INT X212 INT X213 INT X214

BIJLAGE II

INT X221	INT X222	INT X223	INT X224
INT X231	INT X232	INT X233	INT X234
INT X241	INT X242	INT X243	INT X244
INT X311	INT X312	INT X313	INT X314
INT X321	INT X322	INT X323	INT X324
INT X331	INT X332	INT X333	INT X334
INT X341	INT X342	INT X343	INT X344

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 2 & 3

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 92
OBJECTIVE VALUE = 16.3999996

FIX ALL VARS.(11) WITH RC > 0.944654

NEW INTEGER SOLUTION OF 17.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 262
BOUND ON OPTIMUM: 17.00000
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 262

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **17.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X211	0.000000	4.000000
X221	0.000000	11.000000
X231	0.000000	3.000000
X241	0.000000	3.000000
X212	0.000000	1.000000
X222	0.000000	8.000000
X232	0.000000	-1.000000
X242	0.000000	-2.000000
X213	0.000000	4.000000
X223	1.000000	7.000000
X233	0.000000	3.000000
X243	0.000000	3.000000
X214	0.000000	4.000000
X224	0.000000	3.000000
X234	0.000000	3.000000
X244	1.000000	3.000000
X311	0.000000	9.000000
X321	0.000000	15.000000
X331	0.000000	15.000000
X341	0.000000	22.000000
X312	0.000000	7.000000
X322	0.000000	11.000000
X332	0.000000	8.000000
X342	0.000000	16.000000
X313	1.000000	5.000000
X323	0.000000	7.000000
X333	0.000000	5.000000
X343	0.000000	10.000000
X314	0.000000	3.000000
X324	0.000000	3.000000
X334	1.000000	2.000000
X344	0.000000	4.000000
Y211	0.000000	1.000000
Y212	0.000000	0.000000
Y213	0.000000	1.000000
Y214	0.000000	1.000000
Y221	0.000000	4.000000
Y222	0.000000	3.000000
Y223	1.000000	0.000000
Y224	0.000000	0.000000
Y231	0.000000	1.000000
Y232	0.000000	0.000000
Y233	0.000000	1.000000

BIJLAGE II

Y234	0.000000	1.000000
Y241	0.000000	1.000000
Y242	0.000000	0.000000
Y243	0.000000	1.000000
Y244	0.000000	1.000000
Y311	0.000000	4.000000
Y312	0.000000	3.000000
Y313	0.000000	2.000000
Y314	0.000000	1.000000
Y321	0.000000	4.000000
Y322	0.000000	3.000000
Y323	0.000000	2.000000
Y324	0.000000	1.000000
Y331	0.000000	0.000000
Y332	0.000000	3.000000
Y333	0.000000	2.000000
Y334	0.000000	1.000000
Y341	0.000000	4.000000
Y342	0.000000	3.000000
Y343	0.000000	2.000000
Y344	0.000000	1.000000
X141	0.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	0.000000	0.000000
15)	0.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	0.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	0.000000	0.000000
20)	0.000000	-4.000000
21)	0.000000	0.000000
22)	0.000000	0.000000
23)	0.000000	0.000000
24)	5.000000	0.000000
25)	0.000000	0.000000
26)	0.000000	0.000000
27)	0.000000	0.000000
28)	0.000000	0.000000
29)	0.000000	0.000000
30)	0.000000	0.000000
31)	0.000000	-2.000000
32)	0.000000	0.000000
33)	0.000000	0.000000
34)	1.000000	0.000000
35)	0.000000	0.000000
36)	0.000000	0.000000
37)	0.000000	0.000000
38)	4.000000	0.000000
39)	0.000000	-1.000000
40)	4.000000	0.000000
41)	2.000000	0.000000
42)	0.000000	0.000000
43)	2.000000	0.000000
44)	1.000000	0.000000
45)	2.000000	0.000000
46)	0.000000	0.000000
47)	0.000000	0.000000
48)	0.000000	0.000000
49)	0.000000	0.000000
50)	0.000000	0.000000
51)	0.000000	0.000000

BIJLAGE II

52)	1.000000	0.000000
53)	0.000000	0.000000
54)	0.000000	0.000000
55)	0.000000	0.000000
56)	0.000000	0.000000
57)	0.000000	0.000000
58)	0.000000	0.000000
59)	0.000000	0.000000
60)	0.000000	0.000000
61)	0.000000	0.000000
62)	0.000000	0.000000
63)	0.000000	0.000000
64)	0.000000	0.000000
65)	0.000000	0.000000
66)	0.000000	0.000000
67)	0.000000	0.000000
68)	0.000000	0.000000
69)	0.000000	0.000000
70)	0.000000	0.000000
71)	0.000000	0.000000
72)	0.000000	0.000000
73)	0.000000	0.000000
74)	0.000000	0.000000
75)	0.000000	0.000000
76)	0.000000	0.000000
77)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 267
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 2 & 4

MIN 13 X211 + 11 X221 + 15 X231 + 18 X241 + 10 X212 + 8 X222 + 11 X232 + 13 X242
 + 7 X213 + 5 X223 + 7 X233 + 8 X243 + 4 X214 + 2 X224 + 3 X234 + 3 X244
 + 14 X411 + 20 X421 + 16 X431 + 27 X441 + 11 X412 + 15 X422 + 10 X432 + 20 X442
 + 8 X413 + 10 X423 + 8 X433 + 13 X443 + 5 X414 + 5 X424 + 4 X434 + 6 X444
 + 4 Y211 + 3 Y212 + 2 Y213 + Y214 + 4 Y221 + 3 Y222 + 2 Y223 + Y224
 + 4 Y231 + 3 Y232 + 2 Y233 + Y234 + 4 Y241 + 3 Y242 + 2 Y243 + Y244
 + 4 Y411 + 3 Y412 + 2 Y413 + Y414 + 4 Y421 + 3 Y422 + 2 Y423 + Y424
 + 4 Y431 + 3 Y432 + 2 Y433 + Y434 + 4 Y441 + 3 Y442 + 2 Y443 + Y444

SUBJECT TO

X211 + X212 + X213 + X214 + X411 + X412 + X413 + X414 = 1
 X221 + X222 + X223 + X224 + X421 + X422 + X423 + X424 = 1
 X231 + X232 + X233 + X234 + X431 + X432 + X433 + X434 = 1
 X241 + X242 + X243 + X244 + X441 + X442 + X443 + X444 = 1

X211 + X221 + X231 + X241 <= 1 X411 + X421 + X431 + X441 <= 1
 X212 + X222 + X232 + X242 <= 1 X412 + X422 + X432 + X442 <= 1
 X213 + X223 + X233 + X243 <= 1 X413 + X423 + X433 + X443 <= 1
 X214 + X224 + X234 + X244 <= 1 X414 + X424 + X434 + X444 <= 1

Y211 + X211 >= 0 Y411 + 2 X411 >= 0
 Y221 - X221 >= 0 Y441 - X441 >= 0
 Y231 - X231 >= 0 Y241 - 2 X241 >= 0

3 X221 + Y221 + 4 X231 + Y231 + 5 X241 + Y241 + Y212 + X212 >= 0
 3 X211 + Y211 + 4 X231 + Y231 + 5 X241 + Y241 + Y222 - X222 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X221 + Y221 + 5 X244 + Y244 + Y232 - X232 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X221 + Y221 + 4 X231 + Y231 + Y242 - 2 X242 >= 0

5 X421 + Y421 + 4 X431 + Y431 + 7 X441 + Y441 + Y412 + 2 X412 >= 0
 3 X411 + Y411 + 4 X431 + Y431 + 7 X441 + Y441 + Y422 >= 0
 3 X411 + Y411 + 5 X421 + Y421 + 7 X444 + Y444 + Y432 >= 0
 3 X411 + Y411 + 5 X421 + Y421 + 4 X431 + Y431 + Y442 - X442 >= 0

3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y213 + X213 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y223 - X223 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y233 - X233 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 2 X221 + Y221 + 2 X222 + Y222 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + Y243 - 2 X243 >= 0

0

BIJLAGE II

$5 X_{421} + Y_{421} + 5 X_{422} + Y_{422} + 4 X_{431} + Y_{431} + 4 X_{432} + Y_{432} + 7 X_{441} + Y_{441} + 7 X_{442} + Y_{442} + Y_{413} + 2 X_{413} \geq 0$
 $3 X_{411} + Y_{411} + 3 X_{412} + Y_{412} + 4 X_{431} + Y_{431} + 4 X_{432} + Y_{432} + 7 X_{441} + Y_{441} + 7 X_{442} + Y_{442} + Y_{423} \geq 0$
 $3 X_{411} + Y_{411} + 3 X_{412} + Y_{412} + 5 X_{421} + Y_{421} + 5 X_{422} + Y_{422} + 7 X_{441} + Y_{441} + 7 X_{442} + Y_{442} + Y_{433} \geq 0$
 $3 X_{411} + Y_{411} + 3 X_{412} + Y_{412} + 5 X_{421} + Y_{421} + 5 X_{422} + Y_{422} + 4 X_{431} + Y_{431} + 4 X_{432} + Y_{432} + Y_{443} - X_{443} \geq 0$

$3 X_{221} + Y_{221} + 3 X_{222} + Y_{222} + 3 X_{223} + Y_{223} + 4 X_{231} + Y_{231} + 4 X_{232} + Y_{232} + 4 X_{233} + Y_{233} + 5 X_{241} + Y_{241} + 5 X_{242} + Y_{242} + 5 X_{243} + Y_{243} + Y_{214} + X_{214} \geq 0$
 $3 X_{211} + Y_{211} + 3 X_{212} + Y_{212} + 3 X_{213} + Y_{213} + 4 X_{231} + Y_{231} + 4 X_{232} + Y_{232} + 4 X_{233} + Y_{233} + 5 X_{241} + Y_{241} + 5 X_{242} + Y_{242} + 5 X_{243} + Y_{243} + Y_{224} - X_{224} \geq 0$
 $3 X_{211} + Y_{211} + 3 X_{212} + Y_{212} + 3 X_{213} + Y_{213} + 3 X_{221} + Y_{221} + 3 X_{222} + Y_{222} + 3 X_{223} + Y_{223} + 5 X_{241} + Y_{241} + 5 X_{242} + Y_{242} + 5 X_{243} + Y_{243} + Y_{234} - X_{234} \geq 0$
 $3 X_{211} + Y_{211} + 3 X_{212} + Y_{212} + 3 X_{213} + Y_{213} + 3 X_{221} + Y_{221} + 3 X_{222} + Y_{222} + 3 X_{223} + Y_{223} + 4 X_{231} + Y_{231} + 4 X_{232} + Y_{232} + 5 X_{233} + Y_{233} + Y_{244} - 2 X_{244} \geq 0$

$5 X_{421} + Y_{421} + 5 X_{422} + Y_{422} + 5 X_{423} + Y_{423} + 4 X_{431} + Y_{431} + 4 X_{432} + Y_{432} + 4 X_{433} + Y_{433} + 7 X_{441} + Y_{441} + 7 X_{442} + Y_{442} + 7 X_{443} + Y_{443} + Y_{414} + 2 X_{414} \geq 0$
 $3 X_{411} + Y_{411} + 3 X_{412} + Y_{412} + 3 X_{413} + Y_{413} + 4 X_{431} + Y_{431} + 4 X_{432} + Y_{432} + 4 X_{433} + Y_{433} + 7 X_{441} + Y_{441} + 7 X_{442} + Y_{442} + 7 X_{443} + Y_{443} + Y_{424} \geq 0$
 $3 X_{411} + Y_{411} + 3 X_{412} + Y_{412} + 3 X_{413} + Y_{413} + 5 X_{421} + Y_{421} + 5 X_{422} + Y_{422} + 5 X_{423} + Y_{423} + 7 X_{441} + Y_{441} + 7 X_{442} + Y_{442} + 7 X_{443} + Y_{443} + Y_{434} \geq 0$
 $3 X_{411} + Y_{411} + 3 X_{412} + Y_{412} + 3 X_{413} + Y_{413} + 5 X_{421} + Y_{421} + 5 X_{422} + Y_{422} + 5 X_{423} + Y_{423} + 4 X_{431} + Y_{431} + 4 X_{432} + Y_{432} + 4 X_{433} + Y_{433} + Y_{444} - X_{444} \geq 0$

Y211 >= 0	Y221 >= 0	Y231 >= 0	Y241 >= 0
Y212 >= 0	Y222 >= 0	Y232 >= 0	Y242 >= 0
Y213 >= 0	Y223 >= 0	Y233 >= 0	Y243 >= 0
Y214 >= 0	Y224 >= 0	Y234 >= 0	Y244 >= 0
Y411 >= 0	Y421 >= 0	Y431 >= 0	Y441 >= 0
Y412 >= 0	Y422 >= 0	Y432 >= 0	Y442 >= 0
Y413 >= 0	Y423 >= 0	Y433 >= 0	Y443 >= 0
Y414 >= 0	Y424 >= 0	Y434 >= 0	Y444 >= 0

END

INT X211	INT X212	INT X213	INT X214
INT X221	INT X222	INT X223	INT X224
INT X231	INT X232	INT X233	INT X234
INT X241	INT X242	INT X243	INT X244
INT X411	INT X412	INT X413	INT X414
INT X421	INT X422	INT X423	INT X424
INT X431	INT X432	INT X433	INT X434
INT X441	INT X442	INT X443	INT X444

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 2 & 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 55
OBJECTIVE VALUE = 20.6666660

FIX ALL VARS.(11) WITH RC > 2.00000

NEW INTEGER SOLUTION OF 22.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 105
BOUND ON OPTIMUM: 22.00000
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 105

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **22.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X211	0.000000	13.000000
X221	0.000000	11.000000
X231	0.000000	15.000000
X241	0.000000	18.000000
X212	1.000000	10.000000
X222	0.000000	8.000000

BIJLAGE II

X232	0.000000	11.000000
X242	0.000000	13.000000
X213	0.000000	7.000000
X223	1.000000	5.000000
X233	0.000000	7.000000
X243	0.000000	8.000000
X214	0.000000	4.000000
X224	0.000000	2.000000
X234	0.000000	3.000000
X244	1.000000	3.000000
X411	0.000000	14.000000
X421	0.000000	20.000000
X431	0.000000	16.000000
X441	0.000000	27.000000
X412	0.000000	11.000000
X422	0.000000	15.000000
X432	0.000000	10.000000
X442	0.000000	20.000000
X413	0.000000	8.000000
X423	0.000000	10.000000
X433	0.000000	8.000000
X443	0.000000	13.000000
X414	0.000000	5.000000
X424	0.000000	5.000000
X434	1.000000	4.000000
X444	0.000000	6.000000
Y211	0.000000	4.000000
Y212	0.000000	3.000000
Y213	0.000000	2.000000
Y214	0.000000	1.000000
Y221	0.000000	4.000000
Y222	0.000000	3.000000
Y223	0.000000	2.000000
Y224	0.000000	1.000000
Y231	0.000000	4.000000
Y232	0.000000	3.000000
Y233	0.000000	2.000000
Y234	0.000000	1.000000
Y241	0.000000	4.000000
Y242	0.000000	3.000000
Y243	0.000000	2.000000
Y244	0.000000	1.000000
Y411	0.000000	4.000000
Y412	0.000000	3.000000
Y413	0.000000	2.000000
Y414	0.000000	1.000000
Y421	0.000000	4.000000
Y422	0.000000	3.000000
Y423	0.000000	2.000000
Y424	0.000000	1.000000
Y431	0.000000	4.000000
Y432	0.000000	3.000000
Y433	0.000000	2.000000
Y434	0.000000	1.000000
Y441	0.000000	4.000000
Y442	0.000000	3.000000
Y443	0.000000	2.000000
Y444	0.000000	1.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	1.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	0.000000	0.000000
15)	0.000000	0.000000

BIJLAGE II

16)	0.000000	0.000000
17)	0.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	0.000000	0.000000
20)	1.000000	0.000000
21)	0.000000	0.000000
22)	5.000000	0.000000
23)	0.000000	0.000000
24)	0.000000	0.000000
25)	0.000000	0.000000
26)	0.000000	0.000000
27)	0.000000	0.000000
28)	0.000000	0.000000
29)	2.000000	0.000000
30)	3.000000	0.000000
31)	3.000000	0.000000
32)	0.000000	0.000000
33)	0.000000	0.000000
34)	0.000000	0.000000
35)	0.000000	0.000000
36)	3.000000	0.000000
37)	3.000000	0.000000
38)	6.000000	0.000000
39)	4.000000	0.000000
40)	0.000000	0.000000
41)	0.000000	0.000000
42)	0.000000	0.000000
43)	0.000000	0.000000
44)	0.000000	0.000000
45)	0.000000	0.000000
46)	0.000000	0.000000
47)	0.000000	0.000000
48)	0.000000	0.000000
49)	0.000000	0.000000
50)	0.000000	0.000000
51)	0.000000	0.000000
52)	0.000000	0.000000
53)	0.000000	0.000000
54)	0.000000	0.000000
55)	0.000000	0.000000
56)	0.000000	0.000000
57)	0.000000	0.000000
58)	0.000000	0.000000
59)	0.000000	0.000000
60)	0.000000	0.000000
61)	0.000000	0.000000
62)	0.000000	0.000000
63)	0.000000	0.000000
64)	0.000000	0.000000
65)	0.000000	0.000000
66)	0.000000	0.000000
67)	0.000000	0.000000
68)	0.000000	0.000000
69)	0.000000	0.000000
70)	0.000000	0.000000
71)	0.000000	0.000000
72)	0.000000	0.000000
73)	0.000000	0.000000
74)	0.000000	0.000000
75)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 106
BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 3 & 4

MIN 9 X311 + 15 X321 + 11 X331 + 22 X341 + 7 X312 + 11 X322 + 8 X332 + 16 X342
+ 5 X313 + 7 X323 + 5 X333 + 10 X343 + 3 X314 + 3 X324 + 2 X334 + 4 X344
+ 14 X411 + 20 X421 + 16 X431 + 27 X441 + 11 X412 + 15 X422 + 10 X432 + 20 X442
+ 8 X413 + 10 X423 + 8 X433 + 13 X443 + 5 X414 + 5 X424 + 4 X434 + 6 X444
+ 4 Y311 + 3 Y312 + 2 Y313 + Y314 + 4 Y321 + 3 Y322 + 2 Y323 + Y324
+ 4 Y331 + 3 Y332 + 2 Y333 + Y334 + 4 Y341 + 3 Y342 + 2 Y343 + Y344

BIJLAGE II

$$+ 4 Y411 + 3 Y412 + 2 Y413 + Y414 + 4 Y421 + 3 Y422 + 2 Y423 + Y424 \\ + 4 Y431 + 3 Y432 + 2 Y433 + Y434 + 4 Y441 + 3 Y442 + 2 Y443 + Y444$$

SUBJECT TO

$$X311 + X312 + X313 + X314 + X411 + X412 + X413 + X414 = 1 \\ X321 + X322 + X323 + X324 + X421 + X422 + X423 + X424 = 1 \\ X331 + X332 + X333 + X334 + X431 + X432 + X433 + X434 = 1 \\ X341 + X342 + X343 + X344 + X441 + X442 + X443 + X444 = 1$$

$$X311 + X321 + X331 + X341 \leq 1 \quad X411 + X421 + X431 + X441 \leq 1 \\ X312 + X322 + X332 + X342 \leq 1 \quad X412 + X422 + X432 + X442 \leq 1 \\ X313 + X323 + X333 + X343 \leq 1 \quad X413 + X423 + X433 + X443 \leq 1 \\ X314 + X324 + X334 + X344 \leq 1 \quad X414 + X424 + X434 + X444 \leq 1$$

$$Y311 + X311 \geq 0 \quad Y341 - X341 \geq 0 \\ Y321 - X321 \geq 0 \quad Y411 + 2 X411 \geq 0 \\ Y331 - X331 \geq 0 \quad Y441 - X441 \geq 0$$

$$4 X321 + Y321 + 3 X331 + Y331 + 6 X341 + Y341 + Y312 + X312 \geq 0 \\ 2 X311 + Y311 + 3 X331 + Y331 + 6 X341 + Y341 + Y322 - X322 \geq 0 \\ 2 X311 + Y311 + 4 X321 + Y321 + 6 X344 + Y344 + Y332 - X332 \geq 0 \\ 2 X311 + Y311 + 4 X321 + Y321 + 3 X331 + Y331 + Y342 - 2 X342 \geq 0$$

$$5 X421 + Y421 + 4 X431 + Y431 + 7 X441 + Y441 + Y412 + 2 X412 \geq 0 \\ 3 X411 + Y411 + 4 X431 + Y431 + 7 X441 + Y441 + Y422 \geq 0 \\ 3 X411 + Y411 + 5 X421 + Y421 + 7 X444 + Y444 + Y432 \geq 0 \\ 3 X411 + Y411 + 5 X421 + Y421 + 4 X431 + Y431 + Y442 - X442 \geq 0$$

$$4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y313 + X313 \geq 0 \\ 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y323 - X323 \geq 0 \\ 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y333 - X333 \geq 0 \\ 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + Y343 - 2 X343 \geq 0$$

$$5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y413 + 2 X413 \geq 0 \\ 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y423 \geq 0 \\ 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y433 \geq 0 \\ 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + Y443 - X443 \geq 0$$

$$4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + 6 X341 + Y341 + \\ 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y314 + X314 \geq 0 \\ 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + 6 X341 + Y341 + \\ 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y324 - X324 \geq 0 \\ 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 6 X341 + Y341 + \\ 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y334 - X334 \geq 0 \\ 2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 3 X331 + Y331 + \\ 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + Y344 - 2 X344 \geq 0$$

$$5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + 7 X441 + Y441 + \\ 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y414 + 2 X414 \geq 0 \\ 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + 7 X441 + Y441 + \\ 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y424 \geq 0 \\ 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 7 X441 + Y441 + \\ 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y434 \geq 0 \\ 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 4 X431 + Y431 + \\ 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + Y444 - X444 \geq 0$$

$$Y311 \geq 0 \quad Y321 \geq 0 \quad Y331 \geq 0 \quad Y341 \geq 0 \\ Y312 \geq 0 \quad Y322 \geq 0 \quad Y332 \geq 0 \quad Y342 \geq 0 \\ Y313 \geq 0 \quad Y323 \geq 0 \quad Y333 \geq 0 \quad Y343 \geq 0 \\ Y314 \geq 0 \quad Y324 \geq 0 \quad Y334 \geq 0 \quad Y344 \geq 0$$

$$Y411 \geq 0 \quad Y421 \geq 0 \quad Y431 \geq 0 \quad Y441 \geq 0 \\ Y412 \geq 0 \quad Y422 \geq 0 \quad Y432 \geq 0 \quad Y442 \geq 0 \\ Y413 \geq 0 \quad Y423 \geq 0 \quad Y433 \geq 0 \quad Y443 \geq 0 \\ Y414 \geq 0 \quad Y424 \geq 0 \quad Y434 \geq 0 \quad Y444 \geq 0$$

END

$$\text{INT } X311 \quad \text{INT } X312 \quad \text{INT } X313 \quad \text{INT } X314 \\ \text{INT } X321 \quad \text{INT } X322 \quad \text{INT } X323 \quad \text{INT } X324$$

BIJLAGE II

INT X331	INT X332	INT X333	INT X334
INT X341	INT X342	INT X343	INT X344
INT X411	INT X412	INT X413	INT X414
INT X421	INT X422	INT X423	INT X424
INT X431	INT X432	INT X433	INT X434
INT X441	INT X442	INT X443	INT X444

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 3 & 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 28
OBJECTIVE VALUE = 21.000000

FIX ALL VARS.(12) WITH RC > 1.60000

NEW INTEGER SOLUTION OF 21.000000 AT BRANCH 0 PIVOT 59
BOUND ON OPTIMUM: 21.00000
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 59

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **21.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X311	0.000000	9.000000
X321	0.000000	15.000000
X331	0.000000	11.000000
X341	0.000000	22.000000
X312	1.000000	7.000000
X322	0.000000	11.000000
X332	0.000000	8.000000
X342	0.000000	16.000000
X313	0.000000	5.000000
X323	0.000000	7.000000
X333	1.000000	5.000000
X343	0.000000	10.000000
X314	0.000000	3.000000
X324	0.000000	3.000000
X334	0.000000	2.000000
X344	1.000000	4.000000
X411	0.000000	14.000000
X421	0.000000	20.000000
X431	0.000000	16.000000
X441	0.000000	27.000000
X412	0.000000	11.000000
X422	0.000000	15.000000
X432	0.000000	10.000000
X442	0.000000	20.000000
X413	0.000000	8.000000
X423	0.000000	10.000000
X433	0.000000	8.000000
X443	0.000000	13.000000
X414	0.000000	5.000000
X424	1.000000	5.000000
X434	0.000000	4.000000
X444	0.000000	6.000000
Y311	0.000000	4.000000
Y312	0.000000	3.000000
Y313	0.000000	2.000000
Y314	0.000000	1.000000
Y321	0.000000	4.000000
Y322	0.000000	3.000000
Y323	0.000000	2.000000
Y324	0.000000	1.000000
Y331	0.000000	4.000000
Y332	0.000000	3.000000
Y333	0.000000	2.000000
Y334	0.000000	1.000000
Y341	0.000000	4.000000
Y342	0.000000	3.000000
Y343	0.000000	2.000000
Y344	0.000000	1.000000

BIJLAGE II

Y411	0.000000	4.000000
Y412	0.000000	3.000000
Y413	0.000000	2.000000
Y414	0.000000	1.000000
Y421	0.000000	4.000000
Y422	0.000000	3.000000
Y423	0.000000	2.000000
Y424	0.000000	1.000000
Y431	0.000000	4.000000
Y432	0.000000	3.000000
Y433	0.000000	2.000000
Y434	0.000000	1.000000
Y441	0.000000	4.000000
Y442	0.000000	3.000000
Y443	0.000000	2.000000
Y444	0.000000	1.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	1.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	0.000000	0.000000
15)	0.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	0.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	0.000000	0.000000
20)	1.000000	0.000000
21)	0.000000	0.000000
22)	6.000000	0.000000
23)	0.000000	0.000000
24)	0.000000	0.000000
25)	0.000000	0.000000
26)	0.000000	0.000000
27)	0.000000	0.000000
28)	0.000000	0.000000
29)	2.000000	0.000000
30)	1.000000	0.000000
31)	2.000000	0.000000
32)	0.000000	0.000000
33)	0.000000	0.000000
34)	0.000000	0.000000
35)	0.000000	0.000000
36)	3.000000	0.000000
37)	5.000000	0.000000
38)	2.000000	0.000000
39)	3.000000	0.000000
40)	0.000000	0.000000
41)	0.000000	0.000000
42)	0.000000	0.000000
43)	0.000000	0.000000
44)	0.000000	0.000000
45)	0.000000	0.000000
46)	0.000000	0.000000
47)	0.000000	0.000000
48)	0.000000	0.000000
49)	0.000000	0.000000
50)	0.000000	0.000000
51)	0.000000	0.000000
52)	0.000000	0.000000
53)	0.000000	0.000000
54)	0.000000	0.000000
55)	0.000000	0.000000
56)	0.000000	0.000000
57)	0.000000	0.000000

BIJLAGE II

58)	0.000000	0.000000
59)	0.000000	0.000000
60)	0.000000	0.000000
61)	0.000000	0.000000
62)	0.000000	0.000000
63)	0.000000	0.000000
64)	0.000000	0.000000
65)	0.000000	0.000000
66)	0.000000	0.000000
67)	0.000000	0.000000
68)	0.000000	0.000000
69)	0.000000	0.000000
70)	0.000000	0.000000
71)	0.000000	0.000000
72)	0.000000	0.000000
73)	0.000000	0.000000
74)	0.000000	0.000000
75)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 60
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2 & 3

MIN 16 X111 + 14 X121 + 18 X131 + 21 X141 + 12 X112 + 10 X122 + 13 X132 + 15 X142
 + 8 X113 + 6 X123 + 8 X133 + 9 X143 + 4 X114 + 2 X124 + 3 X134 + 3 X144
 + 13 X211 + 11 X221 + 15 X231 + 18 X241 + 10 X212 + 8 X222 + 11 X232 + 13 X242
 + 7 X213 + 5 X223 + 7 X233 + 8 X243 + 4 X214 + 2 X224 + 3 X234 + 3 X244
 + 9 X311 + 15 X321 + 11 X331 + 22 X341 + 7 X312 + 11 X322 + 8 X332 + 16 X342
 + 5 X313 + 7 X323 + 5 X333 + 10 X343 + 3 X314 + 3 X324 + 2 X334 + 4 X344
 + 4 Y111 + 3 Y112 + 2 Y113 + Y114 + 4 Y121 + 3 Y122 + 2 Y123 + Y124
 + 4 Y131 + 3 Y132 + 2 Y133 + Y134 + 4 Y141 + 3 Y142 + 2 Y143 + Y144
 + 4 Y211 + 3 Y212 + 2 Y213 + Y214 + 4 Y221 + 3 Y222 + 2 Y223 + Y224
 + 4 Y231 + 3 Y232 + 2 Y233 + Y234 + 4 Y241 + 3 Y242 + 2 Y243 + Y244
 + 4 Y311 + 3 Y312 + 2 Y313 + Y314 + 4 Y321 + 3 Y322 + 2 Y323 + Y324
 + 4 Y331 + 3 Y332 + 2 Y333 + Y334 + 4 Y341 + 3 Y342 + 2 Y343 + Y344

SUBJECT TO

X111 + X112 + X113 + X114 + X211 + X212 + X213 + X214 + X311 + X312 + X313 + X314 = 1
 X121 + X122 + X123 + X124 + X221 + X222 + X223 + X224 + X321 + X322 + X323 + X324 = 1
 X131 + X132 + X133 + X134 + X231 + X232 + X233 + X234 + X331 + X332 + X333 + X334 = 1
 X141 + X142 + X143 + X144 + X241 + X242 + X243 + X244 + X341 + X342 + X343 + X344 = 1

X111 + X121 + X131 + X141 <= 1	X211 + X221 + X231 + X241 <= 1	X311 + X321 + X331 + X341 <= 1
X112 + X122 + X132 + X142 <= 1	X212 + X222 + X232 + X242 <= 1	X312 + X322 + X332 + X342 <= 1
X113 + X123 + X133 + X143 <= 1	X213 + X223 + X233 + X243 <= 1	X313 + X323 + X333 + X343 <= 1
X114 + X124 + X134 + X144 <= 1	X214 + X224 + X234 + X244 <= 1	X314 + X324 + X334 + X344 <= 1

Y121 - 2 X121 >= 0	Y211 + X211 >= 0	Y311 + X311 >= 0
Y131 - 2 X131 >= 0	Y221 - X221 >= 0	Y321 - X321 >= 0
Y141 - 3 X141 >= 0	Y231 - X231 >= 0	Y331 - X331 >= 0
	Y241 - 2 X141 >= 0	Y341 - X341 >= 0

4 X121 + Y121 + 5 X131 + Y131 + 6 X141 + Y141 + Y112 >= 0
 4 X111 + Y111 + 5 X131 + Y131 + 6 X141 + Y141 + Y122 - 2 X122 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X121 + Y121 + 6 X144 + Y144 + Y132 - 2 X132 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X121 + Y121 + 5 X131 + Y131 + Y142 - 3 X142 >= 0

3 X221 + Y221 + 4 X231 + Y231 + 5 X241 + Y241 + Y212 + X212 >= 0
 3 X211 + Y211 + 4 X231 + Y231 + 5 X241 + Y241 + Y222 - X222 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X221 + Y221 + 5 X244 + Y244 + Y232 - X232 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X221 + Y221 + 4 X231 + Y231 + Y242 - 2 X242 >= 0

4 X321 + Y321 + 3 X331 + Y331 + 6 X341 + Y341 + Y312 + X312 >= 0
 2 X311 + Y311 + 3 X331 + Y331 + 6 X341 + Y341 + Y322 - X322 >= 0
 2 X311 + Y311 + 4 X321 + Y321 + 6 X344 + Y344 + Y332 - X332 >= 0
 2 X311 + Y311 + 4 X321 + Y321 + 3 X331 + Y331 + Y342 - 2 X342 >= 0

4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y113 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y123 - 2 X123 >= 0

BIJLAGE II

$$4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y133 - 2 X133 \geq 0$$

$$4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + Y143 - 3 X143 \geq 0$$

$$3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y213 + X213 \geq 0$$

$$3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y223 - X223 \geq 0$$

$$3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y233 - X233 \geq 0$$

$$3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 2 X221 + Y221 + 2 X222 + Y222 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + Y243 - 2 X243 \geq 0$$

$$4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y313 + X313 \geq 0$$

$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y323 - X323 \geq 0$$

$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y333 - X333 \geq 0$$

$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + Y343 - 2 X343 \geq 0$$

$$4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y114 \geq 0$$

$$4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y124 - 2 X124 \geq 0$$

$$4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y134 - 2 X134 \geq 0$$

$$4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + Y144 - 3 X144 \geq 0$$

$$3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 4 X233 + Y233 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y214 + X214 \geq 0$$

$$3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 4 X233 + Y233 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y224 - X224 \geq 0$$

$$3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y234 - X234 \geq 0$$

$$3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X233 + Y233 + Y244 - 2 X244 \geq 0$$

$$4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y314 + X314 \geq 0$$

$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y324 - X324 \geq 0$$

$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y334 - X334 \geq 0$$

$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + Y344 - 2 X344 \geq 0$$

Y111 >= 0	Y121 >= 0	Y131 >= 0	Y141 >= 0	Y211 >= 0	Y221 >= 0
Y112 >= 0	Y122 >= 0	Y132 >= 0	Y142 >= 0	Y212 >= 0	Y222 >= 0
Y113 >= 0	Y123 >= 0	Y133 >= 0	Y143 >= 0	Y213 >= 0	Y223 >= 0
Y114 >= 0	Y124 >= 0	Y134 >= 0	Y144 >= 0	Y214 >= 0	Y224 >= 0
Y231 >= 0	Y241 >= 0	Y311 >= 0	Y321 >= 0	Y331 >= 0	Y341 >= 0
Y232 >= 0	Y242 >= 0	Y312 >= 0	Y322 >= 0	Y332 >= 0	Y342 >= 0
Y233 >= 0	Y243 >= 0	Y313 >= 0	Y323 >= 0	Y333 >= 0	Y343 >= 0
Y234 >= 0	Y244 >= 0	Y314 >= 0	Y324 >= 0	Y334 >= 0	Y344 >= 0

END

INT X111	INT X112	INT X113	INT X114	INT X211	INT X212
INT X121	INT X122	INT X123	INT X124	INT X221	INT X222
INT X131	INT X132	INT X133	INT X134	INT X231	INT X232
INT X141	INT X142	INT X143	INT X144	INT X241	INT X242
INT X213	INT X214	INT X311	INT X312	INT X313	INT X314
INT X223	INT X224	INT X321	INT X322	INT X323	INT X324
INT X233	INT X234	INT X331	INT X332	INT X333	INT X334
INT X243	INT X244	INT X341	INT X342	INT X343	INT X344

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 1, 2 & 3

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 39
OBJECTIVE VALUE = 13.7352943

FIX ALL VARS.(20) WITH RC > 1.37500
SET X334 TO <= 0 AT 1, BND= -15.38 TWIN= -15.50 414
SET X113 TO >= 1 AT 2, BND= -18.55 TWIN= -15.64 479

BIJLAGE II

```

SET X223 TO >= 1 AT 3, BND= -21.00 TWIN= -19.00 511

NEW INTEGER SOLUTION OF 21.000000 AT BRANCH 3 PIVOT 511
BOUND ON OPTIMUM: 15.50000
FLIP X223 TO <= 0 AT 3 WITH BND= -19.000000

NEW INTEGER SOLUTION OF 19.000000 AT BRANCH 3 PIVOT 511
BOUND ON OPTIMUM: 15.50000
DELETE X223 AT LEVEL 3
FLIP X113 TO <= 0 AT 2 WITH BND= -15.636364
SET X144 TO <= 0 AT 3, BND= -16.24 TWIN= -17.31 610
SET X134 TO <= 0 AT 4, BND= -16.75 TWIN= -17.00 662
SET X214 TO <= 0 AT 5, BND= -16.75 TWIN=-0.1000E+31 662
SET X223 TO <= 0 AT 6, BND= -17.00 TWIN= -19.00 680

NEW INTEGER SOLUTION OF 17.000000 AT BRANCH 6 PIVOT 680
BOUND ON OPTIMUM: 15.50000
DELETE X223 AT LEVEL 6
DELETE X214 AT LEVEL 5
DELETE X134 AT LEVEL 4
DELETE X144 AT LEVEL 3
DELETE X113 AT LEVEL 2
FLIP X334 TO >= 1 AT 1 WITH BND= -15.500000
SET X144 TO >= 1 AT 2, BND= -16.00 TWIN= -16.00 757

NEW INTEGER SOLUTION OF 16.000000 AT BRANCH 7 PIVOT 757
BOUND ON OPTIMUM: 16.00000
DELETE X144 AT LEVEL 2
DELETE X334 AT LEVEL 1
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 7 PIVOTS= 757

```

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **16.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X111	0.000000	14.000000
X121	0.000000	10.000000
X131	0.000000	13.000000
X141	0.000000	21.000000
X112	0.000000	10.000000
X122	0.000000	6.000000
X132	0.000000	8.000000
X142	0.000000	15.000000
X113	0.000000	6.000000
X123	0.000000	2.000000
X133	0.000000	3.000000
X143	0.000000	9.000000
X114	0.000000	6.000000
X124	0.000000	2.000000
X134	0.000000	3.000000
X144	1.000000	6.000000
X211	0.000000	9.000000
X221	0.000000	5.000000
X231	0.000000	-1.000000
X241	0.000000	-2.000000
X212	0.000000	7.000000
X222	0.000000	9.000000
X232	0.000000	7.000000
X242	0.000000	8.000000
X213	0.000000	6.000000
X223	0.000000	5.000000
X233	0.000000	3.000000
X243	0.000000	3.000000
X214	0.000000	6.000000
X224	1.000000	3.000000
X234	0.000000	3.000000
X244	0.000000	3.000000
X311	0.000000	11.000000
X321	0.000000	15.000000
X331	0.000000	11.000000
X341	0.000000	22.000000

BIJLAGE II

X312	0.000000	9.000000
X322	0.000000	11.000000
X332	0.000000	8.000000
X342	0.000000	16.000000
X313	1.000000	7.000000
X323	0.000000	7.000000
X333	0.000000	5.000000
X343	0.000000	10.000000
X314	0.000000	5.000000
X324	0.000000	3.000000
X334	1.000000	2.000000
X344	0.000000	4.000000
Y111	0.000000	3.000000
Y112	0.000000	2.000000
Y113	0.000000	1.000000
Y114	0.000000	1.000000
Y121	0.000000	3.000000
Y122	0.000000	2.000000
Y123	0.000000	1.000000
Y124	0.000000	1.000000
Y131	0.000000	3.000000
Y132	0.000000	2.000000
Y133	0.000000	1.000000
Y134	0.000000	1.000000
Y141	0.000000	4.000000
Y142	0.000000	3.000000
Y143	0.000000	2.000000
Y144	3.000000	0.000000
Y211	0.000000	2.000000
Y212	0.000000	0.000000
Y213	0.000000	1.000000
Y214	0.000000	1.000000
Y221	0.000000	2.000000
Y222	0.000000	2.000000
Y223	0.000000	0.000000
Y224	1.000000	0.000000
Y231	0.000000	0.000000
Y232	0.000000	2.000000
Y233	0.000000	0.000000
Y234	0.000000	1.000000
Y241	0.000000	0.000000
Y242	0.000000	2.000000
Y243	0.000000	1.000000
Y244	0.000000	1.000000
Y311	0.000000	4.000000
Y312	0.000000	3.000000
Y313	0.000000	2.000000
Y314	0.000000	1.000000
Y321	0.000000	4.000000
Y322	0.000000	3.000000
Y323	0.000000	2.000000
Y324	0.000000	1.000000
Y331	0.000000	4.000000
Y332	0.000000	3.000000
Y333	0.000000	2.000000
Y334	0.000000	1.000000
Y341	0.000000	4.000000
Y342	0.000000	3.000000
Y343	0.000000	2.000000
Y344	0.000000	1.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	2.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	1.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	1.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000

BIJLAGE II

14)	1.000000	0.000000
15)	1.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	0.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	0.000000	0.000000
20)	0.000000	0.000000
21)	0.000000	0.000000
22)	0.000000	0.000000
23)	0.000000	0.000000
24)	0.000000	0.000000
25)	0.000000	0.000000
26)	0.000000	0.000000
27)	0.000000	0.000000
28)	0.000000	0.000000
29)	0.000000	0.000000
30)	0.000000	0.000000
31)	9.000000	0.000000
32)	0.000000	0.000000
33)	0.000000	-2.000000
34)	0.000000	-1.000000
35)	0.000000	0.000000
36)	0.000000	0.000000
37)	0.000000	0.000000
38)	0.000000	0.000000
39)	0.000000	0.000000
40)	0.000000	0.000000
41)	0.000000	0.000000
42)	0.000000	0.000000
43)	0.000000	0.000000
44)	0.000000	0.000000
45)	0.000000	0.000000
46)	0.000000	0.000000
47)	0.000000	0.000000
48)	0.000000	0.000000
49)	1.000000	0.000000
50)	0.000000	0.000000
51)	0.000000	0.000000
52)	0.000000	0.000000
53)	0.000000	0.000000
54)	0.000000	0.000000
55)	0.000000	0.000000
56)	0.000000	-1.000000
57)	0.000000	0.000000
58)	0.000000	-1.000000
59)	0.000000	0.000000
60)	0.000000	0.000000
61)	0.000000	0.000000
62)	2.000000	0.000000
63)	1.000000	0.000000
64)	2.000000	0.000000
65)	0.000000	0.000000
66)	0.000000	0.000000
67)	0.000000	0.000000
68)	0.000000	0.000000
69)	0.000000	0.000000
70)	0.000000	0.000000
71)	0.000000	0.000000
72)	0.000000	0.000000
73)	0.000000	0.000000
74)	0.000000	0.000000
75)	0.000000	0.000000
76)	0.000000	0.000000
77)	0.000000	0.000000
78)	0.000000	0.000000
79)	0.000000	0.000000
80)	3.000000	0.000000
81)	0.000000	0.000000
82)	0.000000	0.000000
83)	0.000000	0.000000
84)	0.000000	0.000000
85)	0.000000	0.000000
86)	0.000000	0.000000
87)	0.000000	-2.000000
88)	1.000000	0.000000

BIJLAGE II

89)	0.000000	0.000000
90)	0.000000	0.000000
91)	0.000000	-1.000000
92)	0.000000	0.000000
93)	0.000000	0.000000
94)	0.000000	0.000000
95)	0.000000	0.000000
96)	0.000000	0.000000
97)	0.000000	0.000000
98)	0.000000	0.000000
99)	0.000000	0.000000
100)	0.000000	0.000000
101)	0.000000	0.000000
102)	0.000000	0.000000
103)	0.000000	0.000000
104)	0.000000	0.000000
105)	0.000000	0.000000
106)	0.000000	0.000000
107)	0.000000	0.000000
108)	0.000000	0.000000
109)	0.000000	0.000000
110)	0.000000	0.000000
111)	0.000000	0.000000
112)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 764
 BRANCHES= 7 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 3 & 4

MIN 16 X111 + 14 X121 + 18 X131 + 21 X141 + 12 X112 + 10 X122 + 13 X132 + 15 X142
 + 8 X113 + 6 X123 + 8 X133 + 9 X143 + 4 X114 + 2 X124 + 3 X134 + 3 X144
 + 9 X311 + 15 X321 + 11 X331 + 22 X341 + 7 X312 + 11 X322 + 8 X332 + 16 X342
 + 5 X313 + 7 X323 + 5 X333 + 10 X343 + 3 X314 + 3 X324 + 2 X334 + 4 X344
 + 14 X411 + 20 X421 + 16 X431 + 27 X441 + 11 X412 + 15 X422 + 10 X432 + 20 X442
 + 8 X413 + 10 X423 + 8 X433 + 13 X443 + 5 X414 + 5 X424 + 4 X434 + 6 X444
 + 4 Y111 + 3 Y112 + 2 Y113 + Y114 + 4 Y121 + 3 Y122 + 2 Y123 + Y124
 + 4 Y131 + 3 Y132 + 2 Y133 + Y134 + 4 Y141 + 3 Y142 + 2 Y143 + Y144
 + 4 Y311 + 3 Y312 + 2 Y313 + Y314 + 4 Y321 + 3 Y322 + 2 Y323 + Y324
 + 4 Y331 + 3 Y332 + 2 Y333 + Y334 + 4 Y341 + 3 Y342 + 2 Y343 + Y344
 + 4 Y411 + 3 Y412 + 2 Y413 + Y414 + 4 Y421 + 3 Y422 + 2 Y423 + Y424
 + 4 Y431 + 3 Y432 + 2 Y433 + Y434 + 4 Y441 + 3 Y442 + 2 Y443 + Y444

SUBJECT TO

X111 + X112 + X113 + X114 + X311 + X312 + X313 + X314 + X411 + X412 + X413 + X414 = 1
 X121 + X122 + X123 + X124 + X321 + X322 + X323 + X324 + X421 + X422 + X423 + X424 = 1
 X131 + X132 + X133 + X134 + X331 + X332 + X333 + X334 + X431 + X432 + X433 + X434 = 1
 X141 + X142 + X143 + X144 + X341 + X342 + X343 + X344 + X441 + X442 + X443 + X444 = 1
 X111 + X121 + X131 + X141 <= 1 X311 + X321 + X331 + X341 <= 1 X411 + X421 + X431 + X441 <= 1
 X112 + X122 + X132 + X142 <= 1 X312 + X322 + X332 + X342 <= 1 X412 + X422 + X432 + X442 <= 1
 X113 + X123 + X133 + X143 <= 1 X313 + X323 + X333 + X343 <= 1 X413 + X423 + X433 + X443 <= 1
 X114 + X124 + X134 + X144 <= 1 X314 + X324 + X334 + X344 <= 1 X414 + X424 + X434 + X444 <= 1

Y121 - 2 X121 >= 0 Y311 + X311 >= 0 Y411 + 2 X411 >= 0
 Y131 - 2 X131 >= 0 Y321 - X321 >= 0 Y441 - X441 >= 0
 Y141 - 3 X141 >= 0 Y331 - X331 >= 0
 Y341 - X341 >= 0

4 X121 + Y121 + 5 X131 + Y131 + 6 X141 + Y141 + Y112 >= 0
 4 X111 + Y111 + 5 X131 + Y131 + 6 X141 + Y141 + Y122 - 2 X122 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X121 + Y121 + 6 X144 + Y144 + Y132 - 2 X132 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X121 + Y121 + 5 X131 + Y131 + Y142 - 3 X142 >= 0

4 X321 + Y321 + 3 X331 + Y331 + 6 X341 + Y341 + Y312 + X312 >= 0
 2 X311 + Y311 + 3 X331 + Y331 + 6 X341 + Y341 + Y322 - X322 >= 0
 2 X311 + Y311 + 4 X321 + Y321 + 6 X344 + Y344 + Y332 - X332 >= 0
 2 X311 + Y311 + 4 X321 + Y321 + 3 X331 + Y331 + Y342 - 2 X342 >= 0

5 X421 + Y421 + 4 X431 + Y431 + 7 X441 + Y441 + Y412 + 2 X412 >= 0
 3 X411 + Y411 + 4 X431 + Y431 + 7 X441 + Y441 + Y422 >= 0
 3 X411 + Y411 + 5 X421 + Y421 + 7 X444 + Y444 + Y432 >= 0
 3 X411 + Y411 + 5 X421 + Y421 + 4 X431 + Y431 + Y442 - X442 >= 0

BIJLAGE II

$$\begin{aligned}
 &4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y113 \geq 0 \\
 &4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y123 - 2 X123 \geq 0 \\
 &4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y133 - 2 X133 \geq 0 \\
 &4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + Y143 - 3 X143 \geq 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y313 + X313 \geq 0 \\
 &2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y323 - X323 \geq 0 \\
 &2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y333 - X333 \geq 0 \\
 &2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + Y343 - 2 X343 \geq 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y413 + 2 X413 \geq 0 \\
 &3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y423 \geq 0 \\
 &3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y433 \geq 0 \\
 &3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + Y443 - X443 \geq 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y114 \geq 0 \\
 &4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y124 - 2 X124 \geq 0 \\
 &4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y134 - 2 X134 \geq 0 \\
 &4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + Y144 - 3 X144 \geq 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y314 + X314 \geq 0 \\
 &2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y324 - X324 \geq 0 \\
 &2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y334 - X334 \geq 0 \\
 &2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + Y344 - 2 X344 \geq 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y414 + 2 X414 \geq 0 \\
 &3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y424 \geq 0 \\
 &3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y434 \geq 0 \\
 &3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + Y444 - X444 \geq 0
 \end{aligned}$$

Y111 >= 0	Y121 >= 0	Y131 >= 0	Y141 >= 0	Y311 >= 0	Y321 >= 0
Y112 >= 0	Y122 >= 0	Y132 >= 0	Y142 >= 0	Y312 >= 0	Y322 >= 0
Y113 >= 0	Y123 >= 0	Y133 >= 0	Y143 >= 0	Y313 >= 0	Y323 >= 0
Y114 >= 0	Y124 >= 0	Y134 >= 0	Y144 >= 0	Y314 >= 0	Y324 >= 0

Y331 >= 0	Y341 >= 0	Y411 >= 0	Y421 >= 0	Y431 >= 0	Y441 >= 0
Y332 >= 0	Y342 >= 0	Y412 >= 0	Y422 >= 0	Y432 >= 0	Y442 >= 0
Y333 >= 0	Y343 >= 0	Y413 >= 0	Y423 >= 0	Y433 >= 0	Y443 >= 0
Y334 >= 0	Y344 >= 0	Y414 >= 0	Y424 >= 0	Y434 >= 0	Y444 >= 0

END

INT X111	INT X112	INT X113	INT X114	INT X311	INT X312
INT X121	INT X122	INT X123	INT X124	INT X321	INT X322
INT X131	INT X132	INT X133	INT X134	INT X331	INT X332
INT X141	INT X142	INT X143	INT X144	INT X341	INT X342
INT X313	INT X314	INT X411	INT X412	INT X413	INT X414
INT X323	INT X324	INT X421	INT X422	INT X423	INT X424
INT X333	INT X334	INT X431	INT X432	INT X433	INT X434
INT X343	INT X344	INT X441	INT X442	INT X443	INT X444

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 1, 3 & 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 65
 OBJECTIVE VALUE = 15.8999996

FIX ALL VARS.(16) WITH RC > 0.883212
 SET X144 TO >= 1 AT 1, BND= -18.00 TWIN= -17.00 277

NEW INTEGER SOLUTION OF 18.0000000 AT BRANCH 1 PIVOT 277
 BOUND ON OPTIMUM: 17.000000
 FLIP X144 TO <= 0 AT 1 WITH BND= -17.0000000

NEW INTEGER SOLUTION OF 17.0000000 AT BRANCH 1 PIVOT 277
 BOUND ON OPTIMUM: 17.000000
 DELETE X144 AT LEVEL 1
 ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 1 PIVOTS= 277

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **17.000000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X111	0.000000	0.000000
X121	0.000000	2.000000
X131	0.000000	-2.000000
X141	0.000000	15.000000
X112	0.000000	4.000000
X122	0.000000	6.000000
X132	0.000000	3.000000
X142	0.000000	15.000000
X113	0.000000	4.000000
X123	0.000000	6.000000
X133	0.000000	3.000000
X143	0.000000	6.000000
X114	0.000000	4.000000
X124	1.000000	4.000000
X134	0.000000	3.000000
X144	0.000000	3.000000
X311	0.000000	9.000000
X321	0.000000	15.000000
X331	0.000000	11.000000
X341	0.000000	22.000000
X312	0.000000	7.000000
X322	0.000000	11.000000
X332	0.000000	8.000000
X342	0.000000	16.000000
X313	1.000000	5.000000
X323	0.000000	7.000000
X333	0.000000	5.000000
X343	0.000000	10.000000
X314	0.000000	3.000000
X324	0.000000	3.000000
X334	0.000000	2.000000
X344	1.000000	4.000000
X411	0.000000	11.000000
X421	0.000000	10.000000
X431	0.000000	8.000000
X441	0.000000	20.000000
X412	0.000000	8.000000
X422	0.000000	5.000000
X432	0.000000	2.000000
X442	0.000000	13.000000
X413	0.000000	5.000000
X423	0.000000	0.000000
X433	0.000000	0.000000
X443	0.000000	6.000000
X414	0.000000	3.000000
X424	0.000000	5.000000
X434	1.000000	4.000000
X444	0.000000	7.000000
Y111	0.000000	0.000000
Y112	0.000000	1.000000

BIJLAGE II

Y113	0.000000	1.000000
Y114	0.000000	1.000000
Y121	0.000000	1.000000
Y122	0.000000	2.000000
Y123	0.000000	2.000000
Y124	2.000000	0.000000
Y131	0.000000	0.000000
Y132	0.000000	1.000000
Y133	0.000000	1.000000
Y134	0.000000	1.000000
Y141	0.000000	3.000000
Y142	0.000000	0.000000
Y143	0.000000	0.000000
Y144	0.000000	1.000000
Y311	0.000000	4.000000
Y312	0.000000	3.000000
Y313	0.000000	2.000000
Y314	0.000000	1.000000
Y321	0.000000	4.000000
Y322	0.000000	3.000000
Y323	0.000000	2.000000
Y324	0.000000	1.000000
Y331	0.000000	0.000000
Y332	0.000000	3.000000
Y333	0.000000	2.000000
Y334	0.000000	1.000000
Y341	0.000000	4.000000
Y342	0.000000	3.000000
Y343	0.000000	2.000000
Y344	0.000000	1.000000
Y411	0.000000	3.000000
Y412	0.000000	2.000000
Y413	0.000000	1.000000
Y414	0.000000	0.000000
Y421	0.000000	2.000000
Y422	0.000000	1.000000
Y423	0.000000	0.000000
Y424	0.000000	1.000000
Y431	0.000000	2.000000
Y432	0.000000	1.000000
Y433	0.000000	0.000000
Y434	0.000000	0.000000
Y441	0.000000	3.000000
Y442	0.000000	2.000000
Y443	0.000000	1.000000
Y444	0.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	1.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	1.000000	0.000000
15)	1.000000	0.000000
16)	1.000000	0.000000
17)	0.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	0.000000	0.000000
20)	0.000000	0.000000
21)	0.000000	0.000000
22)	0.000000	0.000000
23)	0.000000	0.000000
24)	0.000000	0.000000
25)	0.000000	0.000000
26)	0.000000	0.000000
27)	0.000000	0.000000

BIJLAGE II

28)	0.000000	0.000000
29)	0.000000	0.000000
30)	0.000000	-2.000000
31)	0.000000	0.000000
32)	0.000000	0.000000
33)	6.000000	0.000000
34)	0.000000	0.000000
35)	0.000000	0.000000
36)	0.000000	0.000000
37)	0.000000	0.000000
38)	0.000000	0.000000
39)	0.000000	0.000000
40)	0.000000	0.000000
41)	0.000000	0.000000
42)	0.000000	-1.000000
43)	1.000000	0.000000
44)	0.000000	0.000000
45)	0.000000	0.000000
46)	0.000000	0.000000
47)	0.000000	0.000000
48)	0.000000	0.000000
49)	0.000000	0.000000
50)	0.000000	0.000000
51)	0.000000	0.000000
52)	0.000000	-1.000000
53)	0.000000	0.000000
54)	0.000000	0.000000
55)	0.000000	0.000000
56)	2.000000	0.000000
57)	2.000000	0.000000
58)	0.000000	0.000000
59)	0.000000	-1.000000
60)	0.000000	0.000000
61)	0.000000	0.000000
62)	0.000000	-1.000000
63)	0.000000	0.000000
64)	0.000000	0.000000
65)	0.000000	0.000000
66)	0.000000	0.000000
67)	0.000000	0.000000
68)	0.000000	0.000000
69)	0.000000	0.000000
70)	2.000000	0.000000
71)	0.000000	0.000000
72)	0.000000	0.000000
73)	0.000000	0.000000
74)	0.000000	0.000000
75)	0.000000	0.000000
76)	0.000000	0.000000
77)	0.000000	0.000000
78)	0.000000	0.000000
79)	0.000000	0.000000
80)	0.000000	0.000000
81)	0.000000	0.000000
82)	0.000000	0.000000
83)	0.000000	0.000000
84)	0.000000	0.000000
85)	0.000000	0.000000
86)	0.000000	0.000000
87)	0.000000	-4.000000
88)	0.000000	0.000000
89)	0.000000	0.000000
90)	0.000000	0.000000
91)	0.000000	0.000000
92)	0.000000	0.000000
93)	0.000000	0.000000
94)	0.000000	0.000000
95)	0.000000	0.000000
96)	0.000000	0.000000
97)	0.000000	0.000000
98)	0.000000	0.000000
99)	0.000000	0.000000
100)	0.000000	0.000000
101)	0.000000	0.000000
102)	0.000000	0.000000

103)	0.000000	0.000000
104)	0.000000	0.000000
105)	0.000000	0.000000
106)	0.000000	-1.000000
107)	0.000000	0.000000
108)	0.000000	0.000000
109)	0.000000	0.000000
110)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 286
 BRANCHES= 1 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2 & 4

MIN 16 X111 + 14 X121 + 18 X131 + 21 X141 + 12 X112 + 10 X122 + 13 X132 + 15 X142
 + 8 X113 + 6 X123 + 8 X133 + 9 X143 + 4 X114 + 2 X124 + 3 X134 + 3 X144
 + 13 X211 + 11 X221 + 15 X231 + 18 X241 + 10 X212 + 8 X222 + 11 X232 + 13 X242
 + 7 X213 + 5 X223 + 7 X233 + 8 X243 + 4 X214 + 2 X224 + 3 X234 + 3 X244
 + 14 X411 + 20 X421 + 16 X431 + 27 X441 + 11 X412 + 15 X422 + 10 X432 + 20 X442
 + 8 X413 + 10 X423 + 8 X433 + 13 X443 + 5 X414 + 5 X424 + 4 X434 + 6 X444
 + 4 Y111 + 3 Y112 + 2 Y113 + Y114 + 4 Y121 + 3 Y122 + 2 Y123 + Y124
 + 4 Y131 + 3 Y132 + 2 Y133 + Y134 + 4 Y141 + 3 Y142 + 2 Y143 + Y144
 + 4 Y211 + 3 Y212 + 2 Y213 + Y214 + 4 Y221 + 3 Y222 + 2 Y223 + Y224
 + 4 Y231 + 3 Y232 + 2 Y233 + Y234 + 4 Y241 + 3 Y242 + 2 Y243 + Y244
 + 4 Y411 + 3 Y412 + 2 Y413 + Y414 + 4 Y421 + 3 Y422 + 2 Y423 + Y424
 + 4 Y431 + 3 Y432 + 2 Y433 + Y434 + 4 Y441 + 3 Y442 + 2 Y443 + Y444

SUBJECT TO

X111 + X112 + X113 + X114 + X211 + X212 + X213 + X214 + X411 + X412 + X413 + X414 = 1
 X121 + X122 + X123 + X124 + X221 + X222 + X223 + X224 + X421 + X422 + X423 + X424 = 1
 X131 + X132 + X133 + X134 + X231 + X232 + X233 + X234 + X431 + X432 + X433 + X434 = 1
 X141 + X142 + X143 + X144 + X241 + X242 + X243 + X244 + X441 + X442 + X443 + X444 = 1

X111 + X121 + X131 + X141 <= 1	X211 + X221 + X231 + X241 <= 1	X411 + X421 + X431 + X441 <= 1
X112 + X122 + X132 + X142 <= 1	X212 + X222 + X232 + X242 <= 1	X412 + X422 + X432 + X442 <= 1
X113 + X123 + X133 + X143 <= 1	X213 + X223 + X233 + X243 <= 1	X413 + X423 + X433 + X443 <= 1
X114 + X124 + X134 + X144 <= 1	X214 + X224 + X234 + X244 <= 1	X414 + X424 + X434 + X444 <= 1

Y121 - 2 X121 >= 0	Y211 + X211 >= 0	Y411 + 2 X411 >= 0
Y131 - 2 X131 >= 0	Y221 - X221 >= 0	Y441 - X441 >= 0
Y141 - 3 X141 >= 0	Y231 - X231 >= 0	
	Y241 - 2 X141 >= 0	

4 X121 + Y121 + 5 X131 + Y131 + 6 X141 + Y141 + Y112 >= 0
 4 X111 + Y111 + 5 X131 + Y131 + 6 X141 + Y141 + Y122 - 2 X122 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X121 + Y121 + 6 X144 + Y144 + Y132 - 2 X132 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X121 + Y121 + 5 X131 + Y131 + Y142 - 3 X142 >= 0

3 X221 + Y221 + 4 X231 + Y231 + 5 X241 + Y241 + Y212 + X212 >= 0
 3 X211 + Y211 + 4 X231 + Y231 + 5 X241 + Y241 + Y222 - X222 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X221 + Y221 + 5 X244 + Y244 + Y232 - X232 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X221 + Y221 + 4 X231 + Y231 + Y242 - 2 X242 >= 0

5 X421 + Y421 + 4 X431 + Y431 + 7 X441 + Y441 + Y412 + 2 X412 >= 0
 3 X411 + Y411 + 4 X431 + Y431 + 7 X441 + Y441 + Y422 >= 0
 3 X411 + Y411 + 5 X421 + Y421 + 7 X444 + Y444 + Y432 >= 0
 3 X411 + Y411 + 5 X421 + Y421 + 4 X431 + Y431 + Y442 - X442 >= 0

4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y113 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y123 - 2 X123 >= 0
 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y133 - 2 X133 >= 0
 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + Y143 - 3 X143 >= 0
 0

3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y213 + X213 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y223 - X223 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y233 - X233 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 2 X221 + Y221 + 2 X222 + Y222 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + Y243 - 2 X243 >= 0
 0

BIJLAGE II

5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y413 + 2 X413 >= 0
 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y423 >= 0
 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y433 >= 0
 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + Y443 - X443 >= 0

4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y114 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y124 - 2 X124 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y134 - 2 X134 >= 0
 4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + Y144 - 3 X144 >= 0

3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 4 X233 + Y233 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y214 + X214 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 4 X233 + Y233 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y224 - X224 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y234 - X234 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X233 + Y233 + Y244 - 2 X244 >= 0

5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y414 + 2 X414 >= 0
 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y424 >= 0
 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y434 >= 0
 3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + Y444 - X444 >= 0

Y111 >= 0	Y121 >= 0	Y131 >= 0	Y141 >= 0	Y211 >= 0	Y221 >= 0
Y112 >= 0	Y122 >= 0	Y132 >= 0	Y142 >= 0	Y212 >= 0	Y222 >= 0
Y113 >= 0	Y123 >= 0	Y133 >= 0	Y143 >= 0	Y213 >= 0	Y223 >= 0
Y114 >= 0	Y124 >= 0	Y134 >= 0	Y144 >= 0	Y214 >= 0	Y224 >= 0
Y231 >= 0	Y241 >= 0	Y411 >= 0	Y421 >= 0	Y431 >= 0	Y441 >= 0
Y232 >= 0	Y242 >= 0	Y412 >= 0	Y422 >= 0	Y432 >= 0	Y442 >= 0
Y233 >= 0	Y243 >= 0	Y413 >= 0	Y423 >= 0	Y433 >= 0	Y443 >= 0
Y234 >= 0	Y244 >= 0	Y414 >= 0	Y424 >= 0	Y434 >= 0	Y444 >= 0

END

INT X111	INT X112	INT X113	INT X114	INT X211	INT X212
INT X121	INT X122	INT X123	INT X124	INT X221	INT X222
INT X131	INT X132	INT X133	INT X134	INT X231	INT X232
INT X141	INT X142	INT X143	INT X144	INT X241	INT X242
INT X213	INT X214	INT X411	INT X412	INT X413	INT X414
INT X223	INT X224	INT X421	INT X422	INT X423	INT X424
INT X233	INT X234	INT X431	INT X432	INT X433	INT X434
INT X243	INT X244	INT X441	INT X442	INT X443	INT X444

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 1, 2 & 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 60
 OBJECTIVE VALUE = 16.2999992

FIX ALL VARS.(18) WITH RC > 0.937500
 SET X144 TO <= 0 AT 1, BND= -17.17 TWIN= -17.67 322
 SET X223 TO >= 1 AT 2, BND= -18.00 TWIN= -17.67 373

NEW INTEGER SOLUTION OF 18.0000000 AT BRANCH 2 PIVOT 373
 BOUND ON OPTIMUM: 17.43750
 FLIP X223 TO <= 0 AT 2 WITH BND= -17.666666
 SET X132 TO <= 0 AT 3, BND= -17.67 TWIN=-0.1000E+31 373
 SET X214 TO <= 0 AT 4, BND= -17.67 TWIN=-0.1000E+31 373
 SET X234 TO <= 0 AT 5, BND= -17.67 TWIN=-0.1000E+31 373
 SET X433 TO <= 0 AT 6, BND= -17.67 TWIN=-0.1000E+31 373
 SET X124 TO >= 1 AT 7, BND= -17.67 TWIN= -18.62 387
 SET X213 TO >= 1 AT 8, BND= -18.00 TWIN= -18.11 420
 DELETE X213 AT LEVEL 8
 DELETE X124 AT LEVEL 7

BIJLAGE II

```

DELETE X433 AT LEVEL 6
DELETE X234 AT LEVEL 5
DELETE X214 AT LEVEL 4
DELETE X132 AT LEVEL 3
DELETE X223 AT LEVEL 2
FLIP X144 TO >= 1 AT 1 WITH BND= -17.666666
SET X111 TO <= 0 AT 2, BND= -17.67 TWIN=-0.1000E+31 507
SET X142 TO <= 0 AT 3, BND= -17.67 TWIN=-0.1000E+31 507
SET X114 TO <= 0 AT 4, BND= -17.67 TWIN=-0.1000E+31 507
SET X134 TO <= 0 AT 5, BND= -17.67 TWIN=-0.1000E+31 507
SET X223 TO <= 0 AT 6, BND= -17.67 TWIN=-0.1000E+31 507
SET X213 TO <= 0 AT 7, BND= -17.93 TWIN=-19.00 527
SET X231 TO <= 0 AT 8, BND= -17.93 TWIN=-0.1000E+31 527
SET X233 TO <= 0 AT 9, BND= -18.00 TWIN=-21.67 546
DELETE X233 AT LEVEL 9
DELETE X231 AT LEVEL 8
DELETE X213 AT LEVEL 7
DELETE X223 AT LEVEL 6
DELETE X134 AT LEVEL 5
DELETE X114 AT LEVEL 4
DELETE X142 AT LEVEL 3
DELETE X111 AT LEVEL 2
DELETE X144 AT LEVEL 1
RELEASE FIXED VARIABLES
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 6 PIVOTS= 730

```

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **18.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X111	0.000000	16.000000
X121	0.000000	14.000000
X131	0.000000	18.000000
X141	0.000000	21.000000
X112	0.000000	12.000000
X122	0.000000	10.000000
X132	0.000000	13.000000
X142	0.000000	15.000000
X113	0.000000	8.000000
X123	0.000000	6.000000
X133	0.000000	8.000000
X143	0.000000	9.000000
X114	1.000000	4.000000
X124	0.000000	2.000000
X134	0.000000	3.000000
X144	0.000000	3.000000
X211	0.000000	1.000000
X221	0.000000	11.000000
X231	0.000000	-1.000000
X241	0.000000	-2.000000
X212	0.000000	4.000000
X222	0.000000	10.000000
X232	0.000000	3.000000
X242	0.000000	3.000000
X213	0.000000	7.000000
X223	1.000000	7.000000
X233	0.000000	7.000000
X243	0.000000	8.000000
X214	0.000000	4.000000
X224	0.000000	2.000000
X234	0.000000	3.000000
X244	1.000000	3.000000
X411	0.000000	14.000000
X421	0.000000	15.000000
X431	0.000000	12.000000
X441	0.000000	20.000000
X412	0.000000	11.000000
X422	0.000000	10.000000
X432	0.000000	6.000000
X442	0.000000	13.000000
X413	0.000000	6.000000

BIJLAGE II

X423	0.000000	10.000000
X433	0.000000	8.000000
X443	0.000000	13.000000
X414	0.000000	5.000000
X424	0.000000	5.000000
X434	1.000000	4.000000
X444	0.000000	6.000000
Y111	0.000000	4.000000
Y112	0.000000	3.000000
Y113	0.000000	2.000000
Y114	0.000000	1.000000
Y121	0.000000	0.000000
Y122	0.000000	3.000000
Y123	0.000000	2.000000
Y124	0.000000	1.000000
Y131	0.000000	4.000000
Y132	0.000000	3.000000
Y133	0.000000	2.000000
Y134	0.000000	1.000000
Y141	0.000000	4.000000
Y142	0.000000	3.000000
Y143	0.000000	2.000000
Y144	0.000000	1.000000
Y211	0.000000	0.000000
Y212	0.000000	1.000000
Y213	0.000000	2.000000
Y214	0.000000	1.000000
Y221	0.000000	4.000000
Y222	0.000000	1.000000
Y223	1.000000	0.000000
Y224	0.000000	1.000000
Y231	0.000000	0.000000
Y232	0.000000	1.000000
Y233	0.000000	2.000000
Y234	0.000000	1.000000
Y241	0.000000	0.000000
Y242	0.000000	1.000000
Y243	0.000000	2.000000
Y244	0.000000	1.000000
Y411	0.000000	4.000000
Y412	0.000000	3.000000
Y413	0.000000	1.000000
Y414	0.000000	1.000000
Y421	0.000000	3.000000
Y422	0.000000	2.000000
Y423	0.000000	2.000000
Y424	0.000000	1.000000
Y431	0.000000	3.000000
Y432	0.000000	2.000000
Y433	0.000000	2.000000
Y434	0.000000	1.000000
Y441	0.000000	3.000000
Y442	0.000000	2.000000
Y443	0.000000	2.000000
Y444	0.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	1.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	1.000000	0.000000
15)	1.000000	0.000000
16)	1.000000	0.000000
17)	0.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000

BIJLAGE II

19)	0.000000	0.000000
20)	0.000000	0.000000
21)	0.000000	0.000000
22)	0.000000	0.000000
23)	0.000000	0.000000
24)	0.000000	0.000000
25)	0.000000	0.000000
26)	0.000000	0.000000
27)	0.000000	0.000000
28)	0.000000	0.000000
29)	0.000000	0.000000
30)	0.000000	0.000000
31)	0.000000	0.000000
32)	0.000000	-2.000000
33)	5.000000	0.000000
34)	0.000000	0.000000
35)	0.000000	0.000000
36)	0.000000	0.000000
37)	0.000000	0.000000
38)	0.000000	0.000000
39)	0.000000	0.000000
40)	0.000000	0.000000
41)	0.000000	0.000000
42)	0.000000	0.000000
43)	0.000000	0.000000
44)	0.000000	-2.000000
45)	0.000000	0.000000
46)	0.000000	0.000000
47)	0.000000	-1.000000
48)	0.000000	0.000000
49)	0.000000	0.000000
50)	0.000000	0.000000
51)	0.000000	0.000000
52)	0.000000	0.000000
53)	0.000000	0.000000
54)	0.000000	0.000000
55)	4.000000	0.000000
56)	0.000000	0.000000
57)	4.000000	0.000000
58)	2.000000	0.000000
59)	0.000000	0.000000
60)	0.000000	0.000000
61)	0.000000	0.000000
62)	0.000000	0.000000
63)	0.000000	0.000000
64)	0.000000	0.000000
65)	0.000000	0.000000
66)	0.000000	0.000000
67)	0.000000	-4.000000
68)	0.000000	0.000000
69)	0.000000	0.000000
70)	0.000000	0.000000
71)	0.000000	0.000000
72)	0.000000	0.000000
73)	0.000000	0.000000
74)	0.000000	0.000000
75)	0.000000	0.000000
76)	0.000000	0.000000
77)	0.000000	0.000000
78)	0.000000	0.000000
79)	0.000000	0.000000
80)	0.000000	0.000000
81)	0.000000	0.000000
82)	0.000000	0.000000
83)	0.000000	0.000000
84)	0.000000	0.000000
85)	1.000000	0.000000
86)	0.000000	0.000000
87)	0.000000	0.000000
88)	0.000000	0.000000
89)	0.000000	0.000000
90)	0.000000	0.000000
91)	0.000000	0.000000
92)	0.000000	0.000000
93)	0.000000	0.000000

BIJLAGE II

94)	0.000000	0.000000
95)	0.000000	0.000000
96)	0.000000	0.000000
97)	0.000000	0.000000
98)	0.000000	0.000000
99)	0.000000	0.000000
100)	0.000000	0.000000
101)	0.000000	0.000000
102)	0.000000	0.000000
103)	0.000000	0.000000
104)	0.000000	0.000000
105)	0.000000	0.000000
106)	0.000000	0.000000
107)	0.000000	0.000000
108)	0.000000	0.000000
109)	0.000000	0.000000
110)	0.000000	-1.000000

NO. ITERATIONS= 737
 BRANCHES= 6 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 2, 3 & 4

MIN 13 X211 + 11 X221 + 15 X231 + 18 X241 + 10 X212 + 8 X222 + 11 X232 + 13 X242
 + 7 X213 + 5 X223 + 7 X233 + 8 X243 + 4 X214 + 2 X224 + 3 X234 + 3 X244
 + 9 X311 + 15 X321 + 11 X331 + 22 X341 + 7 X312 + 11 X322 + 8 X332 + 16 X342
 + 5 X313 + 7 X323 + 5 X333 + 10 X343 + 3 X314 + 3 X324 + 2 X334 + 4 X344
 + 14 X411 + 20 X421 + 16 X431 + 27 X441 + 11 X412 + 15 X422 + 10 X432 + 20 X442
 + 8 X413 + 10 X423 + 8 X433 + 13 X443 + 5 X414 + 5 X424 + 4 X434 + 6 X444
 + 4 Y211 + 3 Y212 + 2 Y213 + Y214 + 4 Y221 + 3 Y222 + 2 Y223 + Y224
 + 4 Y231 + 3 Y232 + 2 Y233 + Y234 + 4 Y241 + 3 Y242 + 2 Y243 + Y244
 + 4 Y311 + 3 Y312 + 2 Y313 + Y314 + 4 Y321 + 3 Y322 + 2 Y323 + Y324
 + 4 Y331 + 3 Y332 + 2 Y333 + Y334 + 4 Y341 + 3 Y342 + 2 Y343 + Y344
 + 4 Y411 + 3 Y412 + 2 Y413 + Y414 + 4 Y421 + 3 Y422 + 2 Y423 + Y424
 + 4 Y431 + 3 Y432 + 2 Y433 + Y434 + 4 Y441 + 3 Y442 + 2 Y443 + Y444

SUBJECT TO

X211 + X212 + X213 + X214 + X311 + X312 + X313 + X314 + X411 + X412 + X413 + X414 = 1
 X221 + X222 + X223 + X224 + X321 + X322 + X323 + X324 + X421 + X422 + X423 + X424 = 1
 X231 + X232 + X233 + X234 + X331 + X332 + X333 + X334 + X431 + X432 + X433 + X434 = 1
 X241 + X242 + X243 + X244 + X341 + X342 + X343 + X344 + X441 + X442 + X443 + X444 = 1

X211 + X221 + X231 + X241 <= 1 X311 + X321 + X331 + X341 <= 1 X411 + X421 + X431 + X441 <= 1
 X212 + X222 + X232 + X242 <= 1 X312 + X322 + X332 + X342 <= 1 X412 + X422 + X432 + X442 <= 1
 X213 + X223 + X233 + X243 <= 1 X313 + X323 + X333 + X343 <= 1 X413 + X423 + X433 + X443 <= 1
 X214 + X224 + X234 + X244 <= 1 X314 + X324 + X334 + X344 <= 1 X414 + X424 + X434 + X444 <= 1

Y211 + X211 >= 0 Y311 + X311 >= 0 Y411 + 2 X411 >= 0
 Y221 - X221 >= 0 Y321 - X321 >= 0 Y441 - X441 >= 0
 Y231 - X231 >= 0 Y331 - X331 >= 0
 Y241 - 2 X141 >= 0 Y341 - X341 >= 0

3 X221 + Y221 + 4 X231 + Y231 + 5 X241 + Y241 + Y212 + X212 >= 0
 3 X211 + Y211 + 4 X231 + Y231 + 5 X241 + Y241 + Y222 - X222 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X221 + Y221 + 5 X244 + Y244 + Y232 - X232 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X221 + Y221 + 4 X231 + Y231 + Y242 - 2 X242 >= 0

4 X321 + Y321 + 3 X331 + Y331 + 6 X341 + Y341 + Y312 + X312 >= 0
 2 X311 + Y311 + 3 X331 + Y331 + 6 X341 + Y341 + Y322 - X322 >= 0
 2 X311 + Y311 + 4 X321 + Y321 + 6 X344 + Y344 + Y332 - X332 >= 0
 2 X311 + Y311 + 4 X321 + Y321 + 3 X331 + Y331 + Y342 - 2 X342 >= 0

5 X421 + Y421 + 4 X431 + Y431 + 7 X441 + Y441 + Y412 + 2 X412 >= 0
 3 X411 + Y411 + 4 X431 + Y431 + 7 X441 + Y441 + Y422 >= 0
 3 X411 + Y411 + 5 X421 + Y421 + 7 X444 + Y444 + Y432 >= 0
 3 X411 + Y411 + 5 X421 + Y421 + 4 X431 + Y431 + Y442 - X442 >= 0

3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y213 + X213 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y223 - X223 >= 0
 3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y233 - X233 >= 0

BIJLAGE II

$$3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 2 X221 + Y221 + 2 X222 + Y222 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + Y243 - 2 X243 \geq 0$$

$$4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y313 + X313 \geq 0$$

$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y323 - X323 \geq 0$$

$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y333 - X333 \geq 0$$

$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + Y343 - 2 X343 \geq 0$$

$$5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y413 + 2 X413 \geq 0$$

$$3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y423 \geq 0$$

$$3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y433 \geq 0$$

$$3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + Y443 - X443 \geq 0$$

$$3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 4 X233 + Y233 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y214 + X214 \geq 0$$

$$3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 4 X233 + Y233 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y224 - X224 \geq 0$$

$$3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y234 - X234 \geq 0$$

$$3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X233 + Y233 + Y244 - 2 X244 \geq 0$$

$$4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y314 + X314 \geq 0$$

$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y324 - X324 \geq 0$$

$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y334 - X334 \geq 0$$

$$2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + Y344 - 2 X344 \geq 0$$

$$5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y414 + 2 X414 \geq 0$$

$$3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y424 \geq 0$$

$$3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y434 \geq 0$$

$$3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + Y444 - X444 \geq 0$$

Y211 >= 0	Y221 >= 0	Y231 >= 0	Y241 >= 0	Y311 >= 0	Y321 >= 0
Y212 >= 0	Y222 >= 0	Y232 >= 0	Y242 >= 0	Y312 >= 0	Y322 >= 0
Y213 >= 0	Y223 >= 0	Y233 >= 0	Y243 >= 0	Y313 >= 0	Y323 >= 0
Y214 >= 0	Y224 >= 0	Y234 >= 0	Y244 >= 0	Y314 >= 0	Y324 >= 0

Y331 >= 0	Y341 >= 0	Y411 >= 0	Y421 >= 0	Y431 >= 0	Y441 >= 0
Y332 >= 0	Y342 >= 0	Y412 >= 0	Y422 >= 0	Y432 >= 0	Y442 >= 0
Y333 >= 0	Y343 >= 0	Y413 >= 0	Y423 >= 0	Y433 >= 0	Y443 >= 0
Y334 >= 0	Y344 >= 0	Y414 >= 0	Y424 >= 0	Y434 >= 0	Y444 >= 0

END

INT X211	INT X212	INT X213	INT X214	INT X311	INT X312
INT X221	INT X222	INT X223	INT X224	INT X321	INT X322
INT X231	INT X232	INT X233	INT X234	INT X331	INT X332
INT X241	INT X242	INT X243	INT X244	INT X341	INT X342
INT X313	INT X314	INT X411	INT X412	INT X413	INT X414
INT X323	INT X324	INT X421	INT X422	INT X423	INT X424
INT X333	INT X334	INT X431	INT X432	INT X433	INT X434
INT X343	INT X344	INT X441	INT X442	INT X443	INT X444

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 2, 3 & 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 101
OBJECTIVE VALUE = 15.4444447

FIX ALL VARS.(22) WITH RC > 1.00000

NEW INTEGER SOLUTION OF 16.0000000 AT BRANCH 0 PIVOT 245
BOUND ON OPTIMUM: 16.00000

ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 0 PIVOTS= 245

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 16.00000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X211	0.000000	10.000000
X221	0.000000	8.000000
X231	0.000000	7.000000
X241	0.000000	8.000000
X212	0.000000	7.000000
X222	0.000000	5.000000
X232	0.000000	3.000000
X242	0.000000	3.000000
X213	0.000000	4.000000
X223	0.000000	2.000000
X233	0.000000	-1.000000
X243	0.000000	-2.000000
X214	0.000000	3.000000
X224	1.000000	3.000000
X234	0.000000	3.000000
X244	0.000000	3.000000
X311	0.000000	9.000000
X321	0.000000	15.000000
X331	0.000000	11.000000
X341	0.000000	26.000000
X312	0.000000	7.000000
X322	0.000000	11.000000
X332	0.000000	8.000000
X342	0.000000	16.000000
X313	1.000000	5.000000
X323	0.000000	7.000000
X333	0.000000	5.000000
X343	0.000000	10.000000
X314	0.000000	3.000000
X324	0.000000	3.000000
X334	0.000000	2.000000
X344	1.000000	4.000000
X411	0.000000	14.000000
X421	0.000000	20.000000
X431	0.000000	16.000000
X441	0.000000	27.000000
X412	0.000000	11.000000
X422	0.000000	15.000000
X432	0.000000	10.000000
X442	0.000000	20.000000
X413	0.000000	8.000000
X423	0.000000	10.000000
X433	0.000000	8.000000
X443	0.000000	13.000000
X414	0.000000	5.000000
X424	0.000000	5.000000
X434	1.000000	4.000000
X444	0.000000	6.000000
Y211	0.000000	3.000000
Y212	0.000000	2.000000
Y213	0.000000	1.000000
Y214	0.000000	0.000000
Y221	0.000000	3.000000
Y222	0.000000	2.000000
Y223	0.000000	1.000000
Y224	1.000000	0.000000
Y231	0.000000	2.000000
Y232	0.000000	1.000000
Y233	0.000000	0.000000
Y234	0.000000	1.000000
Y241	0.000000	2.000000
Y242	0.000000	1.000000
Y243	0.000000	0.000000
Y244	0.000000	1.000000
Y311	0.000000	4.000000

BIJLAGE II

Y312	0.000000	3.000000
Y313	0.000000	2.000000
Y314	0.000000	1.000000
Y321	0.000000	4.000000
Y322	0.000000	3.000000
Y323	0.000000	2.000000
Y324	0.000000	1.000000
Y331	0.000000	0.000000
Y332	0.000000	3.000000
Y333	0.000000	2.000000
Y334	0.000000	1.000000
Y341	0.000000	0.000000
Y342	0.000000	3.000000
Y343	0.000000	2.000000
Y344	0.000000	1.000000
Y411	0.000000	4.000000
Y412	0.000000	3.000000
Y413	0.000000	2.000000
Y414	0.000000	1.000000
Y421	0.000000	4.000000
Y422	0.000000	3.000000
Y423	0.000000	2.000000
Y424	0.000000	1.000000
Y431	0.000000	4.000000
Y432	0.000000	3.000000
Y433	0.000000	2.000000
Y434	0.000000	1.000000
Y441	0.000000	4.000000
Y442	0.000000	3.000000
Y443	0.000000	2.000000
Y444	0.000000	1.000000
X141	0.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.000000	0.000000
5)	0.000000	0.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	1.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	1.000000	0.000000
15)	1.000000	0.000000
16)	1.000000	0.000000
17)	0.000000	0.000000
18)	0.000000	0.000000
19)	0.000000	0.000000
20)	0.000000	0.000000
21)	0.000000	0.000000
22)	0.000000	0.000000
23)	0.000000	0.000000
24)	0.000000	0.000000
25)	0.000000	-4.000000
26)	0.000000	0.000000
27)	0.000000	0.000000
28)	0.000000	0.000000
29)	0.000000	0.000000
30)	0.000000	0.000000
31)	0.000000	0.000000
32)	0.000000	0.000000
33)	0.000000	0.000000
34)	6.000000	0.000000
35)	0.000000	0.000000
36)	0.000000	0.000000
37)	0.000000	0.000000
38)	0.000000	0.000000
39)	0.000000	0.000000
40)	0.000000	0.000000
41)	0.000000	0.000000
42)	0.000000	0.000000

BIJLAGE II

43)	0.000000	0.000000
44)	1.000000	0.000000
45)	0.000000	0.000000
46)	0.000000	0.000000
47)	0.000000	0.000000
48)	0.000000	0.000000
49)	0.000000	0.000000
50)	0.000000	0.000000
51)	0.000000	0.000000
52)	0.000000	-1.000000
53)	0.000000	-1.000000
54)	0.000000	0.000000
55)	0.000000	0.000000
56)	0.000000	0.000000
57)	2.000000	0.000000
58)	2.000000	0.000000
59)	0.000000	0.000000
60)	0.000000	0.000000
61)	0.000000	0.000000
62)	0.000000	0.000000
63)	0.000000	0.000000
64)	0.000000	0.000000
65)	0.000000	0.000000
66)	0.000000	0.000000
67)	0.000000	0.000000
68)	0.000000	0.000000
69)	0.000000	0.000000
70)	0.000000	0.000000
71)	1.000000	0.000000
72)	0.000000	0.000000
73)	0.000000	0.000000
74)	0.000000	0.000000
75)	0.000000	0.000000
76)	0.000000	0.000000
77)	0.000000	0.000000
78)	0.000000	0.000000
79)	0.000000	0.000000
80)	0.000000	0.000000
81)	0.000000	0.000000
82)	0.000000	0.000000
83)	0.000000	0.000000
84)	0.000000	0.000000
85)	0.000000	0.000000
86)	0.000000	0.000000
87)	0.000000	0.000000
88)	0.000000	-4.000000
89)	0.000000	0.000000
90)	0.000000	0.000000
91)	0.000000	0.000000
92)	0.000000	0.000000
93)	0.000000	0.000000
94)	0.000000	0.000000
95)	0.000000	0.000000
96)	0.000000	0.000000
97)	0.000000	0.000000
98)	0.000000	0.000000
99)	0.000000	0.000000
100)	0.000000	0.000000
101)	0.000000	0.000000
102)	0.000000	0.000000
103)	0.000000	0.000000
104)	0.000000	0.000000
105)	0.000000	0.000000
106)	0.000000	0.000000
107)	0.000000	0.000000
108)	0.000000	0.000000
109)	0.000000	0.000000
110)	0.000000	0.000000
111)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 249
BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Aanlegplanning op aanlegplaatsen 1, 2, 3 & 4

BIJLAGE II

MIN 16 X111 + 14 X121 + 18 X131 + 21 X141 + 12 X112 + 10 X122 + 13 X132 + 15 X142
+ 8 X113 + 6 X123 + 8 X133 + 9 X143 + 4 X114 + 2 X124 + 3 X134 + 3 X144
+ 13 X211 + 11 X221 + 15 X231 + 18 X241 + 10 X212 + 8 X222 + 11 X232 + 13 X242
+ 7 X213 + 5 X223 + 7 X233 + 8 X243 + 4 X214 + 2 X224 + 3 X234 + 3 X244
+ 9 X311 + 15 X321 + 11 X331 + 22 X341 + 7 X312 + 11 X322 + 8 X332 + 16 X342
+ 5 X313 + 7 X323 + 5 X333 + 10 X343 + 3 X314 + 3 X324 + 2 X334 + 4 X344
+ 14 X411 + 20 X421 + 16 X431 + 27 X441 + 11 X412 + 15 X422 + 10 X432 + 20 X442
+ 8 X413 + 10 X423 + 8 X433 + 13 X443 + 5 X414 + 5 X424 + 4 X434 + 6 X444
+ 4 Y111 + 3 Y112 + 2 Y113 + Y114 + 4 Y121 + 3 Y122 + 2 Y123 + Y124
+ 4 Y131 + 3 Y132 + 2 Y133 + Y134 + 4 Y141 + 3 Y142 + 2 Y143 + Y144
+ 4 Y211 + 3 Y212 + 2 Y213 + Y214 + 4 Y221 + 3 Y222 + 2 Y223 + Y224
+ 4 Y231 + 3 Y232 + 2 Y233 + Y234 + 4 Y241 + 3 Y242 + 2 Y243 + Y244
+ 4 Y311 + 3 Y312 + 2 Y313 + Y314 + 4 Y321 + 3 Y322 + 2 Y323 + Y324
+ 4 Y331 + 3 Y332 + 2 Y333 + Y334 + 4 Y341 + 3 Y342 + 2 Y343 + Y344
+ 4 Y411 + 3 Y412 + 2 Y413 + Y414 + 4 Y421 + 3 Y422 + 2 Y423 + Y424
+ 4 Y431 + 3 Y432 + 2 Y433 + Y434 + 4 Y441 + 3 Y442 + 2 Y443 + Y444

SUBJECT TO

X111 + X112 + X113 + X114 + X211 + X212 + X213 + X214 + X311 + X312 + X313 + X314 + X411 + X412 + X413 + X414
= 1

X121 + X122 + X123 + X124 + X221 + X222 + X223 + X224 + X321 + X322 + X323 + X324 + X421 + X422 + X423 + X424
= 1

X131 + X132 + X133 + X134 + X231 + X232 + X233 + X234 + X331 + X332 + X333 + X334 + X431 + X432 + X433 + X434
= 1

X141 + X142 + X143 + X144 + X241 + X242 + X243 + X244 + X341 + X342 + X343 + X344 + X441 + X442 + X443 + X444
= 1

X111 + X121 + X131 + X141 <= 1 X211 + X221 + X231 + X241 <= 1

X112 + X122 + X132 + X142 <= 1 X212 + X222 + X232 + X242 <= 1

X113 + X123 + X133 + X143 <= 1 X213 + X223 + X233 + X243 <= 1

X114 + X124 + X134 + X144 <= 1 X214 + X224 + X234 + X244 <= 1

X311 + X321 + X331 + X341 <= 1 X411 + X421 + X431 + X441 <= 1

X312 + X322 + X332 + X342 <= 1 X412 + X422 + X432 + X442 <= 1

X313 + X323 + X333 + X343 <= 1 X413 + X423 + X433 + X443 <= 1

X314 + X324 + X334 + X344 <= 1 X414 + X424 + X434 + X444 <= 1

Y121 - 2 X121 >= 0 Y211 + X211 >= 0 Y311 + X311 >= 0 Y411 + 2 X411 >= 0

Y131 - 2 X131 >= 0 Y221 - X221 >= 0 Y321 - X321 >= 0 Y441 - X441 >= 0

Y141 - 3 X141 >= 0 Y231 - X231 >= 0 Y331 - X331 >= 0

Y241 - 2 X141 >= 0 Y341 - X341 >= 0

4 X121 + Y121 + 5 X131 + Y131 + 6 X141 + Y141 + Y112 >= 0

4 X111 + Y111 + 5 X131 + Y131 + 6 X141 + Y141 + Y122 - 2 X122 >= 0

4 X111 + Y111 + 4 X121 + Y121 + 6 X144 + Y144 + Y132 - 2 X132 >= 0

4 X111 + Y111 + 4 X121 + Y121 + 5 X131 + Y131 + Y142 - 3 X142 >= 0

3 X221 + Y221 + 4 X231 + Y231 + 5 X241 + Y241 + Y212 + X212 >= 0

3 X211 + Y211 + 4 X231 + Y231 + 5 X241 + Y241 + Y222 - X222 >= 0

3 X211 + Y211 + 3 X221 + Y221 + 5 X244 + Y244 + Y232 - X232 >= 0

3 X211 + Y211 + 3 X221 + Y221 + 4 X231 + Y231 + Y242 - 2 X242 >= 0

4 X321 + Y321 + 3 X331 + Y331 + 6 X341 + Y341 + Y312 + X312 >= 0

2 X311 + Y311 + 3 X331 + Y331 + 6 X341 + Y341 + Y322 - X322 >= 0

2 X311 + Y311 + 4 X321 + Y321 + 6 X344 + Y344 + Y332 - X332 >= 0

2 X311 + Y311 + 4 X321 + Y321 + 3 X331 + Y331 + Y342 - 2 X342 >= 0

5 X421 + Y421 + 4 X431 + Y431 + 7 X441 + Y441 + Y412 + 2 X412 >= 0

3 X411 + Y411 + 4 X431 + Y431 + 7 X441 + Y441 + Y422 >= 0

3 X411 + Y411 + 5 X421 + Y421 + 7 X444 + Y444 + Y432 >= 0

3 X411 + Y411 + 5 X421 + Y421 + 4 X431 + Y431 + Y442 - X442 >= 0

4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y113 >= 0

4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y123 - 2 X123 >= 0

4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + Y133 - 2 X133 >= 0

4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + Y143 - 3 X143 >= 0

3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y213 + X213 >= 0

3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y223 - X223 >= 0

3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + Y233 - X233 >= 0

BIJLAGE II

3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 2 X221 + Y221 + 2 X222 + Y222 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + Y243 - 2 X243 >= 0
4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y313 + X313 >= 0
2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y323 - X323 >= 0
2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + Y333 - X333 >= 0
2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + Y343 - 2 X343 >= 0

5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y413 + 2 X413 >= 0
3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y423 >= 0
3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + Y433 >= 0
3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + Y443 - X443 >= 0

4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y114 >= 0
4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y124 - 2 X124 >= 0
4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 6 X141 + Y141 + 6 X142 + Y142 + 6 X143 + Y143 + Y134 - 2 X134 >= 0
4 X111 + Y111 + 4 X112 + Y112 + 4 X113 + Y113 + 4 X121 + Y121 + 4 X122 + Y122 + 4 X123 + Y123 + 5 X131 + Y131 + 5 X132 + Y132 + 5 X133 + Y133 + Y144 - 3 X144 >= 0

3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 4 X233 + Y233 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y214 + X214 >= 0
3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 4 X233 + Y233 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y224 - X224 >= 0
3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 5 X241 + Y241 + 5 X242 + Y242 + 5 X243 + Y243 + Y234 - X234 >= 0
3 X211 + Y211 + 3 X212 + Y212 + 3 X213 + Y213 + 3 X221 + Y221 + 3 X222 + Y222 + 3 X223 + Y223 + 4 X231 + Y231 + 4 X232 + Y232 + 5 X233 + Y233 + Y244 - 2 X244 >= 0

4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y314 + X314 >= 0
2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y324 - X324 >= 0
2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 6 X341 + Y341 + 6 X342 + Y342 + 6 X343 + Y343 + Y334 - X334 >= 0
2 X311 + Y311 + 2 X312 + Y312 + 2 X313 + Y313 + 4 X321 + Y321 + 4 X322 + Y322 + 4 X323 + Y323 + 3 X331 + Y331 + 3 X332 + Y332 + 3 X333 + Y333 + Y344 - 2 X344 >= 0

5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y414 + 2 X414 >= 0
3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y424 >= 0
3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 7 X441 + Y441 + 7 X442 + Y442 + 7 X443 + Y443 + Y434 >= 0
3 X411 + Y411 + 3 X412 + Y412 + 3 X413 + Y413 + 5 X421 + Y421 + 5 X422 + Y422 + 5 X423 + Y423 + 4 X431 + Y431 + 4 X432 + Y432 + 4 X433 + Y433 + Y444 - X444 >= 0

Y111 >= 0	Y121 >= 0	Y131 >= 0	Y141 >= 0
Y112 >= 0	Y122 >= 0	Y132 >= 0	Y142 >= 0
Y113 >= 0	Y123 >= 0	Y133 >= 0	Y143 >= 0
Y114 >= 0	Y124 >= 0	Y134 >= 0	Y144 >= 0

Y211 >= 0	Y221 >= 0	Y231 >= 0	Y241 >= 0
Y212 >= 0	Y222 >= 0	Y232 >= 0	Y242 >= 0
Y213 >= 0	Y223 >= 0	Y233 >= 0	Y243 >= 0
Y214 >= 0	Y224 >= 0	Y234 >= 0	Y244 >= 0

Y311 >= 0	Y321 >= 0	Y331 >= 0	Y341 >= 0
Y312 >= 0	Y322 >= 0	Y332 >= 0	Y342 >= 0
Y313 >= 0	Y323 >= 0	Y333 >= 0	Y343 >= 0
Y314 >= 0	Y324 >= 0	Y334 >= 0	Y344 >= 0

Y411 >= 0	Y421 >= 0	Y431 >= 0	Y441 >= 0
Y412 >= 0	Y422 >= 0	Y432 >= 0	Y442 >= 0
Y413 >= 0	Y423 >= 0	Y433 >= 0	Y443 >= 0
Y414 >= 0	Y424 >= 0	Y434 >= 0	Y444 >= 0

END

INT X111	INT X112	INT X113	INT X114
INT X121	INT X122	INT X123	INT X124
INT X131	INT X132	INT X133	INT X134

BIJLAGE II

INT X141	INT X142	INT X143	INT X144
INT X211	INT X212	INT X213	INT X214
INT X221	INT X222	INT X223	INT X224
INT X231	INT X232	INT X233	INT X234
INT X241	INT X242	INT X243	INT X244
INT X311	INT X312	INT X313	INT X314
INT X321	INT X322	INT X323	INT X324
INT X331	INT X332	INT X333	INT X334
INT X341	INT X342	INT X343	INT X344
INT X411	INT X412	INT X413	INT X414
INT X421	INT X422	INT X423	INT X424
INT X431	INT X432	INT X433	INT X434
INT X441	INT X442	INT X443	INT X444

Oplossing aanlegplanning op aanlegplaats 1, 2, 3 & 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 1312
OBJECTIVE VALUE = 13.7352943

```

SET  X141 TO <= 0 AT 1, BND= -14.11 TWIN=-0.1000E+31 1548
SET  X142 TO <= 0 AT 2, BND= -14.11 TWIN=-0.1000E+31 1548
SET  X143 TO <= 0 AT 3, BND= -14.11 TWIN=-0.1000E+31 1548
SET  X221 TO <= 0 AT 4, BND= -14.11 TWIN=-0.1000E+31 1548
SET  X341 TO <= 0 AT 5, BND= -14.11 TWIN=-0.1000E+31 1548
SET  X322 TO <= 0 AT 6, BND= -14.11 TWIN=-0.1000E+31 1548
SET  X332 TO <= 0 AT 7, BND= -14.11 TWIN=-0.1000E+31 1548
SET  X342 TO <= 0 AT 8, BND= -14.11 TWIN=-0.1000E+31 1548
SET  X323 TO <= 0 AT 9, BND= -14.11 TWIN=-0.1000E+31 1548
SET  X343 TO <= 0 AT 10, BND= -14.11 TWIN=-0.1000E+31 1548
SET  X144 TO >= 1 AT 11, BND= -15.67 TWIN= -14.72 1652
SET  X122 TO <= 0 AT 12, BND= -15.67 TWIN=-0.1000E+31 1652
SET  X133 TO <= 0 AT 13, BND= -15.67 TWIN=-0.1000E+31 1652
SET  X114 TO <= 0 AT 14, BND= -15.67 TWIN=-0.1000E+31 1652
SET  X134 TO <= 0 AT 15, BND= -15.67 TWIN=-0.1000E+31 1652
SET  X222 TO <= 0 AT 16, BND= -15.67 TWIN=-0.1000E+31 1652
SET  X232 TO <= 0 AT 17, BND= -15.67 TWIN=-0.1000E+31 1652
SET  X242 TO <= 0 AT 18, BND= -15.67 TWIN=-0.1000E+31 1652
SET  X223 TO <= 0 AT 19, BND= -15.67 TWIN=-0.1000E+31 1652
SET  X233 TO <= 0 AT 20, BND= -15.67 TWIN=-0.1000E+31 1652
SET  X333 TO <= 0 AT 21, BND= -15.67 TWIN=-0.1000E+31 1652
SET  X324 TO <= 0 AT 22, BND= -15.67 TWIN=-0.1000E+31 1652
SET  X213 TO <= 0 AT 23, BND= -16.00 TWIN= -18.00 1744

```

NEW INTEGER SOLUTION OF 16.0000000 AT BRANCH 9 PIVOT 1744
BOUND ON OPTIMUM: 14.72000

```

DELETE X213 AT LEVEL 23
DELETE X324 AT LEVEL 22
DELETE X333 AT LEVEL 21
DELETE X233 AT LEVEL 20
DELETE X223 AT LEVEL 19
DELETE X242 AT LEVEL 18
DELETE X232 AT LEVEL 17
DELETE X222 AT LEVEL 16
DELETE X134 AT LEVEL 15
DELETE X114 AT LEVEL 14
DELETE X133 AT LEVEL 13
DELETE X122 AT LEVEL 12
FLIP  X144 TO <= 0 AT 11 WITH BND= -14.720000
SET  X222 TO <= 0 AT 12, BND= -14.72 TWIN=-0.1000E+31 1841
SET  X214 TO <= 0 AT 13, BND= -14.72 TWIN=-0.1000E+31 1841
SET  X234 TO <= 0 AT 14, BND= -14.72 TWIN=-0.1000E+31 1841
SET  X124 TO >= 1 AT 15, BND= -15.44 TWIN= -15.06 1954
SET  X123 TO <= 0 AT 16, BND= -15.44 TWIN=-0.1000E+31 1954
SET  X231 TO <= 0 AT 17, BND= -15.44 TWIN=-0.1000E+31 1954
SET  X241 TO <= 0 AT 18, BND= -15.44 TWIN=-0.1000E+31 1954
SET  X232 TO <= 0 AT 19, BND= -15.44 TWIN=-0.1000E+31 1954
SET  X242 TO <= 0 AT 20, BND= -15.44 TWIN=-0.1000E+31 1954
SET  X223 TO <= 0 AT 21, BND= -15.44 TWIN=-0.1000E+31 1954
SET  X243 TO <= 0 AT 22, BND= -15.44 TWIN=-0.1000E+31 1954
SET  X333 TO <= 0 AT 23, BND= -15.44 TWIN=-0.1000E+31 1954
SET  X324 TO <= 0 AT 24, BND= -15.44 TWIN=-0.1000E+31 1954

```

BIJLAGE II

```

SET X421 TO <= 0 AT 25, BND= -15.44 TWIN=-0.1000E+31 1954
SET X213 TO <= 0 AT 26, BND= -15.67 TWIN= -17.00 2014
SET X233 TO <= 0 AT 27, BND= -16.00 TWIN= -19.00 2028
DELETE X233 AT LEVEL 27
DELETE X213 AT LEVEL 26
DELETE X421 AT LEVEL 25
DELETE X324 AT LEVEL 24
DELETE X333 AT LEVEL 23
DELETE X243 AT LEVEL 22
DELETE X223 AT LEVEL 21
DELETE X242 AT LEVEL 20
DELETE X232 AT LEVEL 19
DELETE X241 AT LEVEL 18
DELETE X231 AT LEVEL 17
DELETE X123 AT LEVEL 16
FLIP X124 TO <= 0 AT 15 WITH BND= -15.057143
SET X133 TO <= 0 AT 16, BND= -15.06 TWIN=-0.1000E+31 2075
SET X314 TO <= 0 AT 17, BND= -15.06 TWIN=-0.1000E+31 2075
SET X223 TO <= 0 AT 18, BND= -15.25 TWIN= -16.50 2136
SET X232 TO <= 0 AT 19, BND= -15.25 TWIN=-0.1000E+31 2136
SET X344 TO <= 0 AT 20, BND= -15.56 TWIN= -16.00 2195
SET X242 TO <= 0 AT 21, BND= -15.56 TWIN=-0.1000E+31 2195
SET X312 TO <= 0 AT 22, BND= -15.56 TWIN=-0.1000E+31 2195
SET X333 TO <= 0 AT 23, BND= -15.56 TWIN=-0.1000E+31 2195
SET X244 TO >= 1 AT 24, BND= -15.92 TWIN= -16.21 2226
SET X243 TO <= 0 AT 25, BND= -15.92 TWIN=-0.1000E+31 2226
SET X233 TO <= 0 AT 26, BND= -16.25 TWIN= -19.50 2299
DELETE X233 AT LEVEL 26
DELETE X243 AT LEVEL 25
DELETE X244 AT LEVEL 24
DELETE X333 AT LEVEL 23
DELETE X312 AT LEVEL 22
DELETE X242 AT LEVEL 21
DELETE X344 AT LEVEL 20
DELETE X232 AT LEVEL 19
DELETE X223 AT LEVEL 18
DELETE X314 AT LEVEL 17
DELETE X133 AT LEVEL 16
DELETE X124 AT LEVEL 15
DELETE X234 AT LEVEL 14
DELETE X214 AT LEVEL 13
DELETE X222 AT LEVEL 12
DELETE X144 AT LEVEL 11
DELETE X343 AT LEVEL 10
DELETE X323 AT LEVEL 9
DELETE X342 AT LEVEL 8
DELETE X332 AT LEVEL 7
DELETE X322 AT LEVEL 6
DELETE X341 AT LEVEL 5
DELETE X221 AT LEVEL 4
DELETE X143 AT LEVEL 3
DELETE X142 AT LEVEL 2
DELETE X141 AT LEVEL 1
ENUMERATION COMPLETE. BRANCHES= 16 PIVOTS= 2299

```

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) **16.00000**

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X111	0.000000	12.000000
X121	0.000000	-3.000000
X131	0.000000	-1.000000
X141	0.000000	3.000000
X112	0.000000	8.000000
X122	0.000000	-7.000000
X132	0.000000	-6.000000
X142	0.000000	-3.000000
X113	0.000000	4.000000
X123	0.000000	-7.000000
X133	0.000000	-6.000000
X143	0.000000	-3.000000

BIJLAGE II

X114	0.000000	4.000000
X124	0.000000	-3.000000
X134	0.000000	-1.000000
X144	1.000000	0.000000
X211	0.000000	7.000000
X221	0.000000	3.000000
X231	0.000000	7.000000
X241	0.000000	2.000000
X212	0.000000	4.000000
X222	0.000000	0.000000
X232	0.000000	3.000000
X242	0.000000	-3.000000
X213	0.000000	1.000000
X223	0.000000	-3.000000
X233	0.000000	-1.000000
X243	0.000000	-8.000000
X214	0.000000	4.000000
X224	1.000000	-2.000000
X234	0.000000	0.000000
X244	0.000000	-3.000000
X311	0.000000	5.000000
X321	0.000000	2.000000
X331	0.000000	7.000000
X341	0.000000	4.000000
X312	0.000000	3.000000
X322	0.000000	-2.000000
X332	0.000000	4.000000
X342	0.000000	-2.000000
X313	1.000000	5.000000
X323	0.000000	2.000000
X333	0.000000	3.000000
X343	0.000000	4.000000
X314	0.000000	3.000000
X324	0.000000	-2.000000
X334	1.000000	-2.000000
X344	0.000000	-2.000000
X411	0.000000	7.076923
X421	0.000000	5.000000
X431	0.000000	2.000000
X441	0.000000	0.000000
X412	0.000000	7.076923
X422	0.000000	0.000000
X432	0.000000	0.000000
X442	0.000000	0.000000
X413	0.000000	7.769231
X423	0.000000	0.000000
X433	0.000000	0.000000
X443	0.000000	0.000000
X414	0.000000	3.076923
X424	0.000000	0.000000
X434	0.000000	0.000000
X444	0.000000	0.000000
Y111	0.000000	3.000000
Y112	0.000000	2.000000
Y113	0.000000	0.000000
Y114	0.000000	0.000000
Y121	0.000000	1.000000
Y122	0.000000	0.000000
Y123	0.000000	0.000000
Y124	0.000000	1.000000
Y131	0.000000	1.000000
Y132	0.000000	0.000000
Y133	0.000000	0.000000
Y134	0.000000	1.000000
Y141	0.000000	2.000000
Y142	0.000000	1.000000
Y143	0.000000	1.000000
Y144	3.000000	0.000000
Y211	0.000000	2.000000
Y212	0.000000	1.000000
Y213	0.000000	0.000000
Y214	0.000000	1.000000
Y221	0.000000	3.000000
Y222	0.000000	2.000000
Y223	0.000000	1.000000

BIJLAGE II

Y224	1.000000	0.000000
Y231	0.000000	3.000000
Y232	0.000000	2.000000
Y233	0.000000	1.000000
Y234	0.000000	0.000000
Y241	0.000000	2.000000
Y242	0.000000	1.000000
Y243	0.000000	0.000000
Y244	0.000000	1.000000
Y311	0.000000	2.000000
Y312	0.000000	1.000000
Y313	0.000000	2.000000
Y314	0.000000	1.000000
Y321	0.000000	2.000000
Y322	0.000000	1.000000
Y323	0.000000	2.000000
Y324	0.000000	1.000000
Y331	0.000000	0.000000
Y332	0.000000	3.000000
Y333	0.000000	0.000000
Y334	0.000000	1.000000
Y341	0.000000	2.000000
Y342	0.000000	1.000000
Y343	0.000000	2.000000
Y344	0.000000	1.000000
Y411	0.000000	1.692308
Y412	0.000000	1.692308
Y413	0.000000	1.923077
Y414	0.000000	0.038462
Y421	0.000000	2.000000
Y422	0.000000	0.000000
Y423	0.000000	0.769231
Y424	0.000000	0.961538
Y431	0.000000	1.500000
Y432	0.000000	1.500000
Y433	0.000000	0.269231
Y434	0.000000	0.961538
Y441	0.000000	1.000000
Y442	0.000000	1.000000
Y443	0.000000	0.692308
Y444	0.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.000000
3)	0.000000	-5.000000
4)	0.000000	-4.000000
5)	0.000000	-6.000000
6)	1.000000	0.000000
7)	1.000000	0.000000
8)	1.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	1.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	1.000000	0.000000
15)	1.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	0.000000	0.000000
18)	1.000000	0.000000
19)	1.000000	0.000000
20)	1.000000	0.000000
21)	1.000000	0.000000
22)	0.000000	0.000000
23)	0.000000	0.000000
24)	0.000000	0.000000
25)	0.000000	0.000000
26)	0.000000	0.000000
27)	0.000000	0.000000
28)	0.000000	0.000000
29)	0.000000	0.000000
30)	0.000000	0.000000
31)	0.000000	0.000000
32)	0.000000	0.000000

BIJLAGE II

33)	0.000000	0.000000
34)	0.000000	0.000000
35)	0.000000	0.000000
36)	0.000000	0.000000
37)	9.000000	0.000000
38)	0.000000	0.000000
39)	0.000000	0.000000
40)	0.000000	0.000000
41)	0.000000	0.000000
42)	0.000000	0.000000
43)	0.000000	0.000000
44)	0.000000	0.000000
45)	0.000000	0.000000
46)	0.000000	0.000000
47)	0.000000	0.000000
48)	0.000000	-1.000000
49)	0.000000	0.000000
50)	0.000000	0.000000
51)	0.000000	-1.000000
52)	0.000000	0.000000
53)	0.000000	0.000000
54)	0.000000	0.000000
55)	0.000000	0.000000
56)	0.000000	0.000000
57)	0.000000	0.000000
58)	0.000000	0.000000
59)	1.000000	0.000000
60)	0.000000	0.000000
61)	0.000000	-2.000000
62)	0.000000	0.000000
63)	0.000000	0.000000
64)	0.000000	-0.230769
65)	0.000000	-0.730769
66)	0.000000	-0.269231
67)	0.000000	-1.000000
68)	0.000000	0.000000
69)	0.000000	0.000000
70)	0.000000	-1.000000
71)	0.000000	0.000000
72)	0.000000	-1.000000
73)	0.000000	-1.000000
74)	0.000000	0.000000
75)	0.000000	0.000000
76)	2.000000	0.000000
77)	1.000000	0.000000
78)	2.000000	0.000000
79)	0.000000	-0.961538
80)	0.000000	-0.038462
81)	0.000000	-0.038462
82)	0.000000	0.000000
83)	0.000000	0.000000
84)	0.000000	0.000000
85)	0.000000	0.000000
86)	0.000000	0.000000
87)	0.000000	0.000000
88)	0.000000	0.000000
89)	0.000000	0.000000
90)	0.000000	0.000000
91)	0.000000	0.000000
92)	0.000000	0.000000
93)	0.000000	0.000000
94)	0.000000	0.000000
95)	0.000000	0.000000
96)	0.000000	0.000000
97)	0.000000	0.000000
98)	3.000000	0.000000
99)	0.000000	0.000000
100)	0.000000	0.000000
101)	0.000000	0.000000
102)	0.000000	0.000000
103)	0.000000	0.000000
104)	0.000000	0.000000
105)	0.000000	0.000000
106)	1.000000	0.000000
107)	0.000000	0.000000

BIJLAGE II

108)	0.000000	0.000000
109)	0.000000	0.000000
110)	0.000000	0.000000
111)	0.000000	0.000000
112)	0.000000	0.000000
113)	0.000000	0.000000
114)	0.000000	0.000000
115)	0.000000	0.000000
116)	0.000000	0.000000
117)	0.000000	0.000000
118)	0.000000	0.000000
119)	0.000000	0.000000
120)	0.000000	0.000000
121)	0.000000	0.000000
122)	0.000000	0.000000
123)	0.000000	-4.000000
124)	0.000000	0.000000
125)	0.000000	0.000000
126)	0.000000	0.000000
127)	0.000000	0.000000
128)	0.000000	0.000000
129)	0.000000	0.000000
130)	0.000000	0.000000
131)	0.000000	0.000000
132)	0.000000	0.000000
133)	0.000000	0.000000
134)	0.000000	0.000000
135)	0.000000	0.000000
136)	0.000000	0.000000
137)	0.000000	0.000000
138)	0.000000	0.000000
139)	0.000000	0.000000
140)	0.000000	0.000000
141)	0.000000	0.000000
142)	0.000000	0.000000
143)	0.000000	0.000000
144)	0.000000	0.000000
145)	0.000000	0.000000
146)	0.000000	-1.000000

NO. ITERATIONS= 2319
BRANCHES= 16 DETERM.= 1.000E 0

Auteursrechterlijke overeenkomst

Opdat de Universiteit Hasselt uw eindverhandeling wereldwijd kan reproduceren, vertalen en distribueren is uw akkoord voor deze overeenkomst noodzakelijk. Gelieve de tijd te nemen om deze overeenkomst door te nemen en uw akkoord te verlenen.

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:
Efficiëntieverhoging aan een havenkade door een verbetering van toewijzing van aanlegplaatsen.

Richting: **Handelsingenieur**

Jaar: **2006**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt houdt in dat ik/wij als auteur de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij kan reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

U bevestigt dat de eindverhandeling uw origineel werk is, en dat u het recht heeft om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. U verklaart tevens dat de eindverhandeling, naar uw weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

U verklaart tevens dat u voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen hebt verkregen zodat u deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal u als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze licentie

Ik ga akkoord,

Bert ADOLF

Datum: