

Rotterdam School of Management – Erasmus University

De waarde van reële opties bij investeringen in baggermaterieel

Martin van Ommen
12 juli 2015

Rotterdam School of Management – Erasmus University

De waarde van reële opties bij investeringen in baggermaterieel

Studie:	PTO Bedrijfskunde –MScBA (2013-2015)
Instituut:	Rotterdam School of Management Erasmus Universiteit
Coach:	Dr. P. Neuteboom
Meelezer:	Dr. R. Kuik
Student:	M.C. van Ommen
Studentnummer:	403547
Betreft:	Afstudeerrapport
Versie:	Final
Datum:	12 juli 2015

Voorwoord

Met het schrijven van dit rapport en de verdediging ervan in september 2015 zal er, naar ik verwacht, een einde komen aan mijn studie bedrijfskunde aan de Rotterdam School of Management, Erasmus Universiteit. Toen ik in september 2013 aan de studie begon was ik op zoek naar uitdaging en verdieping, die heb ik gevonden; en meer. Ik heb de opleiding ervaren als een goed samenhangend geheel, waarbinnen een breed scala aan bedrijfskundige facetten aan bod zijn gekomen. Binnen de opleiding ben ik gestimuleerd een vraagstuk vanuit verschillende perspectieven te bekijken en standpunten kritisch te toetsen alvorens een gefundeerde, eigen mening te vormen. Daarnaast heb ik het contact en de discussies met docenten en medestudenten als leuk, leerzaam en inspirerend ervaren. Achteraf gezien kan ik zonder meer stellen dat ik blij ben dat ik er de afgelopen twee jaar zoveel tijd in heb geïnvesteerd, maar dat heb ik zeker niet alleen gedaan. In de eerste plaats wil ik mijn vrouw Ruth bedanken dat ze mij gesteund heeft en de afgelopen twee jaar regelmatig op stap is geweest met onze twee dochters, zodat pappa weer eens in de boeken kon duiken. Ook mijn moeder en schoonouders ben ik dankbaar, zij hebben regelmatig bijgesprongen als de schema's wat te krap werden en deadlines naderden.

Daarnaast een woord van dank aan mijn werkgever Royal IHC. Het bedrijf heeft het zowel met tijd als geld mogelijk gemaakt deze studie te volgen. Collega's en leidinggevenden waren geïnteresseerd, behulpzaam, en zijn daarnaast prettige sparringpartners gebleken. Ook een woord van dank voor verschillende andere experts uit de markt, zakelijke relaties en branchevereniging IADC. Het voert wat ver hier iedereen bij naam te bedanken, dit is inmiddels al persoonlijk gebeurd of zal binnenkort gebeuren.

Bij het uitvoeren van het onderzoek en het opstellen van deze scriptie was mijn coach Peter Neuteboom en de meelezer Roelof Kuik. Beide heren hebben een waardevolle bijdrage geleverd, door het stellen van (lastige) vragen, het geven van feedback en het voorspiegelen van een ander perspectief. Heren, bedankt! Ook mijn broer Ruud wil ik, nogmaals, bedanken voor het nalezen van de scriptie en het geven van feedback.

Tot slot een woord van dank aan mijn dochters Hannah & Lauren. Zij waren meestal heel begripvol als pappa weer eens verstek moest laten gaan. Het goede nieuws is: daar komt vanaf vandaag verandering in.

Martin van Ommen

Samenvatting

Een veel toegepaste investeringsanalysemethode is de netto contante waarde methode (NCW). Deze methode beschouwt toekomstige verwachte geldstromen die voortkomen uit een investering en maakt deze contant tegen een gewogen gemiddelde kostenvoet. De NCW houdt rekening met de tijdwaarde van geld. Dit betekent dat, na het contant maken, honderd euro die verdiend wordt na één jaar een grotere waarde heeft dan honderd euro die verdiend wordt na tien jaar. Het eerste geval zal immers de voorkeur hebben van de ondernemer aangezien hij de kans heeft de honderd euro opnieuw te investeren en gedurende negen jaar te laten renderen. Ziet hij geen kans het geld te herinvesteren in een project met een verwacht rendement dat groter is dan de gemiddelde gewogen kostenvoet, dan kan hij ervoor kiezen het geld uit te keren aan de aandeelhouders of om eigen bedrijfsaandelen in te kopen.

In de academische wereld en binnen een deel van het bedrijfsleven zwelt de kritiek op de netto contante waarde methode echter aan. Het belangrijkste punt van kritiek is dat de methode uitgaat van een statische werkelijkheid. De NCW-methode gaat voorbij aan het feit dat het management, in veel gevallen, gedurende de levensduur van het investeringsobject een zekere mate van flexibiliteit heeft in de exploitatie. Zij heeft de mogelijkheid te reageren op basis van nieuwe informatie en veranderde marktomstandigheden. Reageren kan bijvoorbeeld door het terug- of juist opschroeven van de productie, het kiezen van andere grondstoffen of het maken van andere eindproducten. Een analysemethode waarmee de waarde van flexibiliteit gewaardeerd kan worden is de reële optie analyse-methode (ROA). Hoewel de stelling verdedigd kan worden dat de uitkomst van deze methode rekenkundig beter is dan die van bijvoorbeeld de netto contante waarde of de berekening van de interne rentabiliteit, wordt de ROA nog maar beperkt toegepast. Veel gehoorde kritiek is dat de methode complex en arbeidsintensief is.

In het onderzoek, waarop dit rapport is gebaseerd, is getracht antwoord te geven op de volgende centrale onderzoeksvraag:

Is het waarderen van reële opties een bruikbare en zinvolle aanvulling op de berekening van de netto contante waarde van investeringen in baggermaterieel?

Voor het beantwoorden van deze vraag is er een literatuurstudie uitgevoerd waarin onderzocht is hoe de ROA zich verhoudt tot andere analysemethoden, wat de voor- en nadelen van de verschillende methoden zijn en op welke manier de ROA toegepast kan worden. Daarna heeft het onderzoek zich verder toegespitst op de toepassing van de ROA binnen de investeringsanalyse van baggermaterieel. Dit is gedaan door het uitwerken van een fictieve case. In deze case onderzoekt een aannemer twee potentiële investeringsobjecten. De eerste is een onderhoudszuiger, die enkel ingezet kan worden in het marktsegment onderhoudsbaggeren. Het tweede investeringsobject is een multipurpose sleepopperzuiger die ingezet kan worden in verschillende marktsegmenten. De multipurpose hopper heeft dus een grotere flexibiliteit en deze flexibiliteit vertegenwoordigt een zekere waarde. De flexibiliteit komt echter ook tegen hogere kosten; zowel de initiële investering als de exploitatiekosten van de multipurpose zuiger zijn hoger.

Belangrijker dan de absolute uitkomst van de case zijn de bevindingen die volgen uit het werken met en het toetsen van de toepasbaarheid van de ROA-methode. Dit wordt gedaan door de uitkomsten

van verschillende berekeningen met elkaar te vergelijken. Allereerst wordt de statische NCW berekend bij inzet in verschillende marksegmenten, vervolgens wordt de NCW berekend bij inzet in marksegmenten met volatiliteit en tot slot wordt de middels de ROA de zogenaamde 'expanded NCW', de netto contante waarde inclusief de waarde van flexibiliteit, berekend. Deze laatste waarde kan worden gerealiseerd door over te stappen van het ene naar het andere marktsegment als de ontwikkelingen in de segmenten daar aanleiding toe geven. De aannames, verwachtingen en exploitatierekeningen waarop de case gebaseerd is en de uitkomsten van de verschillende analyses zijn te vinden in hoofdstuk vier en vijf van dit rapport.

Op basis van de uitkomsten van het onderzoek kan gesteld worden dat het uitwerken van een reële optie analyse een zinvolle aanvulling is op het berekenen van de netto contante waarde. De uitwerking van de case, inclusief de gevoeligheidsanalyse, toont aan dat de uitkomst van de analyse sterk beïnvloed wordt door onder meer de verwachte volatiliteit van de geldstromen. Het is dan ook zaak een goed onderbouwde aanname te doen voor deze grootte. Bij het bepalen van de input parameters moet de analist ervoor waken dat de opgegeven grootte ervan niet ingegeven wordt door een, door stakeholders, gewenste uitkomst van de analyse. Het doel van de analyse is te komen tot een rekenkundige onderbouwing voor een te nemen van een investeringsbeslissing, op basis van een visie op toekomstige ontwikkelingen. Het doel van de analyse is niet een vooraf ingenomen standpunt met betrekking tot een investeringsvraagstuk bevestigd te krijgen.

Binnen de case, die deel uitmaakt van het onderzoek, is gerekend met volatiliteit van toekomstige verwachte geldstromen. Daarnaast zal het interessant zijn om binnen een analyse ook de volatiliteit van de inkomsten, de prijs per gebaggerde kubieke meter, nader te onderzoeken. Bij een analyse met volatiele inkomsten, in plaats van volatiele geldstromen, kan er namelijk een situatie ontstaan waarin de inkomsten kleiner worden dan de vaste kosten. Indien dit het geval is, zal het financieel gezien mogelijk aantrekkelijk zijn de sleehopper zuiger tijdelijk buiten gebruik te stellen. De invloed hiervan op de expanded NCW is niet onderzocht binnen dit onderzoek, maar maakt deel uit van de suggesties voor verder onderzoek opgenomen in hoofdstuk 8.

De kritiek dat de methode complex en arbeidsintensief is, is echter ook terecht, op zijn minst ten dele. Het uitvoeren van de analyse is complex en tijdrovend. Het opstellen van een simulatiemodel waarbinnen de flexibiliteit zo volledig mogelijk gewaardeerd wordt, is specialistisch werk waarin ervaring opgedaan moet worden. Mogelijk dat dit bereikt kan worden door de eerste analyses uit te voeren samenwerking met experts op het gebied van ROA. Gesteld kan worden dat de uitkomst van een ROA rekenkundig beter is dan die van de statische NCW en daarmee een betere onderbouwing biedt voor het nemen van investeringsbeslissingen. Of de betere uitkomst de extra kosten van de analyse rechtvaardigt, hangt onder meer af van de hoogte van het investeringsmarkt en de subjectieve verwachting van de ontwikkeling van onder meer de volatiliteit. Naarmate de volatiliteit van de verschillende marktsegmenten toeneemt stijgt namelijk de waarde van flexibiliteit, dit wordt voorgerekend in paragraaf 5.4.4.

Inhoud

1	Inleiding.....	3
2	Onderzoekscontext	6
2.1	Baggermaterieel	6
2.2	Baggermarkt.....	7
2.2.1	De grootte van de baggermarkt	7
2.2.2	Marktkrachten en marksegmenten binnen de baggermarkt.....	8
3	Theoretische verkenning	10
3.1	Investeringsanalyse	10
3.2	Vermogenskosten	10
3.2.1	Kostenvoet vreemd vermogen.....	11
3.2.2	Risicovrije rentevoet	11
3.2.3	Kostenvoet eigen vermogen	11
3.2.4	Gewogen gemiddelde kostenvoet	14
3.2.5	Nominale en reële kostenvoeten en geldstromen.....	14
3.3	Netto contante waarde.....	14
3.4	Interne rentabiliteit	15
3.5	Gemiddelde boekhoudkundige rentabiliteit.....	17
3.6	Winstgevendheid index	17
3.7	Terugverdienperiode	18
3.7.1	Terugverdienperiode op basis van contante waarde.....	18
3.8	Basisopbrengst.....	18
3.9	Gevoeligheidsanalyse.....	19
3.10	Reële optie analyse.....	19
3.10.1	Soorten reële opties	20
3.10.2	Rekenvoorbeeld optie tot uitstellen	20
3.10.3	Rekenvoorbeeld beslissingsboomanalyse	21
3.10.4	Rekenvoorbeeld Market Asset Disclaimer (MAD)	22
3.10.5	Rekenvoorbeeld optie tot overstappen.....	23
3.10.6	Black-Scholes model.....	30
3.10.7	Rekenvoorbeeld Black-Scholes model.....	32
3.11	Samenvatting literatuurstudie investeringsanalyse.....	34
4	Onderzoeksmethode en casebeschrijving.....	36

4.1	Onderzoeksmethode	36
4.2	Casebeschrijving.....	36
4.2.1	De schepen	37
4.2.2	De exploitatie – Marktsegment onderhoudsbaggeren.....	38
4.2.3	De exploitatie - Marktsegment aanleg	41
5	Onderzoeksresultaten.....	45
5.1	Investeringsanalyse met standaard NCW berekening.....	45
5.2	NCW met volatiliteit	48
5.3	Expanded NCW.....	50
5.4	Gevoeligheidsanalyse.....	52
5.4.1	Volatiliteit kasstromen marktsegment onderhoud	52
5.4.2	Risicovrije rentevoet	53
5.4.3	Stilliggen onderhoudszuiger gedurende 1 jaar	54
5.4.4	Waarde van flexibiliteit bij grotere volatiliteit	54
5.5	Flexibiliteit in ontwerp.....	55
6	Conclusie	56
7	Discussie en beperkingen	59
8	Suggesties voor toekomstig onderzoek.....	60
	Referenties	61
	Gebruikte vergelijkingen.....	63
	Gebruikte symbolen.....	66
Bijlage I	Binominal trees	

1 Inleiding

Wanneer toekomstige ontwikkelingen onzeker zijn, vertegenwoordigt flexibiliteit binnen de bedrijfsvoering een zekere waarde. Dit inzicht is niet nieuw, integendeel. De Griekse filosoof Aristoteles beschrijft het verhaal van één van zijn filosofische voorgangers, Thales of Miletus (624 – 546 v. Chr.). Tijdens een winterseizoen meende Thales, op basis van zijn astronomische kennis, een rijke olijfoogst te kunnen voorspellen enige maanden later. Hij speelde hierop in door afspraken te maken met de eigenaren van olijfpersen in de omgeving van Miletus en Chios. Hij sprak met hen af dat hij het recht had, maar niet de plicht, om de olijfpersen gedurende een aantal maanden te huren tegen een vooraf afgesproken huurtarief. Voor dit recht betaalde hij een vergoeding. Toen het olijfseizoen aanbrak bleek de verwachting van Miletus uit te komen, er was sprake van een rijke oogst hetgeen de vraag naar persen en de huurprijs opdreef. Miletus deed goede zaken door zijn 'call-optie', het recht op het huren van de pers tegen de afgesproken prijs, te verzilveren. Hij huurde de persen tegen de vooraf afgesproken prijs van de eigenaren en verhuurt ze vervolgens, tegen een veel hogere huurprijs, aan de olijfbouwers.

Waardecreatie door bedrijven en hun positie opzichte van concurrenten worden in belangrijke mate bepaald door de toewijzing van middelen (Trigeorgis, 1995). Investeren in een kapitaalgoed is een voorbeeld van het toewijzen van een middel. De beslissing al dan niet te investeren wordt binnen veel bedrijven mede genomen op basis van de berekening van de verwachte netto contante waarde van de betreffende investering (Damodaran, 2000). Volgens Damodaran zwelt de kritiek op de netto contante waarde methode echter aan. Deze zou uitgaan van een statische werkelijkheid na het bepalen van de verwachte geldstromen en passief management. Daarmee gaat de methode voorbij aan de waarde van flexibiliteit. De economische werkelijkheid per dag kan verschillen en scenario's kunnen zich anders ontwikkelen dan op voorhand gedacht. Enerzijds impliceert dit een risico, anderzijds biedt het ook kansen. De ondernemer heeft namelijk de mogelijkheid, gedurende de levensduur van het investeringsobject, de strategie aan te passen aan de veranderende marktomstandigheden op basis van nieuwe informatie en verwachtingen.

Miletus creëerde flexibiliteit, door middel van de overeenkomst met de eigenaren van de persen. Dankzij de call-optie kon hij inspelen op de ontwikkeling in de markt. Deze flexibiliteit wordt in de literatuur aangeduid als een reële optie. Een reële optie heeft, evenals een financiële optie, een prijs en een looptijd. De waarde van de reële optie wordt bepaald uit de ontwikkeling van de waarde van het onderliggend actief over de looptijd.

Lasance (2010) illustreert het hebben van reële opties aan de hand van het volgende voorbeeld. De bouw van een parkeergarage kan middels de traditionele netto contante waarde methodiek geanalyseerd worden door een base case, best case en worst case scenario uit te werken. Op basis van de uitkomsten van de verschillende scenario's zal de ondernemer kiezen voor de grootte van de te bouwen parkeergarage. De ondernemer kan er echter ook voor kiezen de fundatie zwaarder te laten uitvoeren dan noodzakelijk voor de grootte van de garage. Dit biedt hem de optie extra verdiepingen toe te voegen indien de vraag naar parkeerruimte stijgt en voorkomt leegstand indien de vraag tegenvalt. Hij creëert daarmee de optie tot uitbreiding. Bij de analyse dient de waarde van de optie tot het bouwen van de extra verdiepingen op te wegen tegen de hogere initiële investering die de zwaardere fundatie met zich meebrengt.

Een dergelijk voorbeeld kan ook van toepassing zijn op een aannemer van baggerwerken. Stel dat een bedrijf overweegt te investeren in een sleeppopperzuiger die in eerste instantie ingezet zal worden voor het uitvoeren onderhoudswerkzaamheden aan havens en waterwegen. Het ontwerp en de aanschafwaarde van een schip dat alleen geschikt is voor onderhoudswerkzaamheden zal lager zijn dan dat van een zogenaamd multipurpose schip dat ook geschikt is om ingezet te worden in andere marktsegmenten als landuitbreiding en strandsuppletie. Ook hier geldt dat het de vraag is of de grotere flexibiliteit gedurende de exploitatie, die de keuze voor de multipurpose hopper biedt, opweegt tegen de hogere aanschafwaarde.

Dit vraagstuk is relevant voor de baggeraannemer, maar ook voor de leverancier van het werktuig. Indien deze partij zich bewust is van de waarde van flexibiliteit bij de inzet van het werktuig kan zij daar bij het ontwerp van het werktuig rekening mee houden. Door een ontwerp te maken met meer flexibiliteit creëert zij meerwaarde voor de potentiële klant en kan zij zich onderscheiden van haar concurrenten. In de vorige alinea werd inzetbaarheid van een multipurpose hopper in meerdere marktsegmenten genoemd als voorbeeld van flexibiliteit. Er zijn echter ook andere voorbeelden denkbaar, waarvan een aantal beschreven wordt in paragraaf 5.5.

Het onderzoek dat beschreven wordt in dit rapport is gericht op het beantwoorden van de volgende centrale onderzoeksvraag:

Is het waarderen van reële opties een bruikbare en zinvolle aanvulling op de berekening van de netto contante waarde van investeringen in baggermaterieel?

De volgende deelvragen zijn opgesteld als hulpmiddel bij het beantwoorden van de centralen onderzoeksvraag:

- *Voor toepassing in welke domeinen wordt de reële optie analyse vooral geschikt geacht?*
- *Hoe kan binnen het ontwerp van het gekozen materieel flexibiliteit gecreëerd worden voor de aannemer?*
- *Welke waarde en welke prijs hebben de reële opties?*

De onderzoeksvraag en de deelvragen zijn beantwoord met behulp van beschikbare literatuur, aan de hand van een fictieve case en uit gesprekken met specialisten binnen de baggermarkt. De literatuurstudie is erop gericht inzicht te krijgen in hoe de Reële Optie Analyse (ROA) zich verhoudt tot andere investeringsanalysemethodes, in welke gevallen de ROA kan worden toegepast en hoe de ROA dient te worden uitgevoerd. Met het uitwerken van de case is onderzocht of en op welke manier een aannemer de reële optie analyse toe kan passen bij de beslissing al dan niet te investeren in een onderhoudszuiger of een multipurpose hopper. Verschillende facetten van de case zijn getoetst aan specialisten op het gebied van scheepsbouw en de baggermarkt, om zodoende te komen tot een fictieve, maar realistische case.

Het onderzoeksrapport is een aanvulling op de bestaande wetenschappelijke literatuur. Hoewel er veel geschreven is over de toepassing van reële opties in verschillende industrieën, waaronder de maritieme, is er geen literatuur gevonden over het gebruik ervan binnen de baggermarkt. Naast wetenschappelijk relevantie wordt er binnen het onderzoeksproject ook een zeker praktisch nut

nagestreefd. Volgens (Trigeorgis en Mason, 1987) wordt de methodiek om de waarde van reële opties te bepalen vaak gezien als complex en zeer wiskundig en staat dit brede praktische toepassing in de weg. Onderzocht is of deze kritiek terecht is en er is getracht een bijdrage te leveren aan het slaan van een brug tussen de wetenschappelijke kennis over investeringsanalyses, in het bijzonder de ROA, en de praktijk van de baggerindustrie.

De opbouw van dit rapport is als volgt: in dit eerste, inleidende, hoofdstuk wordt de aanleiding en relevantie van het onderzoek beschreven. Daarnaast wordt er een eerste kennismaking met en uitleg van het begrip reële opties gepresenteerd, alsmede een eerste presentatie van de gebruikte onderzoeksmethode. In het tweede hoofdstuk wordt de onderzoekscontext beschreven. Dit hoofdstuk is met name bedoeld voor de lezers die onbekend zijn met de baggermarkt, zij krijgen een korte uitleg over de werking van sleephepperzuigers en de verschillende marktsegmenten en marktkrachten binnen de baggermarkt. In het derde hoofdstuk worden de uitkomsten van de theoretische verkenning beschreven. Het literatuuronderzoek is gericht op het beschrijven van de toepasbaarheid van de verschillende, beschikbare analyse methodes en hun voor- en nadelen. Het vierde hoofdstuk beschrijft de onderzoeksmethode. In dit hoofdstuk komen de verschillende input parameters aan bod en worden de aannames en verwachtingen, van de fictieve aannemer, beschreven en toegelicht. In het vijfde hoofdstuk worden de uitkomsten van de reële optie analyse, die uitgevoerd is op basis van de case, gepresenteerd. Ook wordt in dit hoofdstuk de uitkomst van de reële optie analyse, vergeleken met die van de netto contante waarde methode. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk de gevoeligheid van de uitkomst onderzocht door te variëren met verschillende inputparameters. Tot slot wordt er in dit hoofdstuk kort besproken op welke manieren er in de ontwerp en contractfase de flexibiliteit van het aangeboden verhoogd kan worden. In het zesde hoofdstuk worden de conclusie besproken, die getrokken kan worden op basis van de bevindingen uit het vijfde hoofdstuk. Het zevende hoofdstuk beschrijft de beperkingen van het onderzoek en het achtste en laatste hoofdstuk doet aanbevelingen voor verder onderzoek.

2 Onderzoekscontext

Alvorens dieper in te gaan op enkele investeringsanalysemethodes wordt in dit hoofdstuk het onderzoeksveld nader toegelicht. De investeringsobjecten die onderzocht worden zijn sleephopperzuigers. Dit zijn kapitaalintensieve vaartuigen met hoogwaardige technologie die voornamelijk op projectbasis wordt ingezet binnen de wereldwijde baggermarkt. In paragraaf 2.1 wordt de werking van sleephopperzuigers toegelicht. In paragraaf 2.2 volgt een beschrijving van de baggermarkt, haar segmenten en de marktkrachten.

2.1 Baggermaterieel

Baggeraannemers beschikken over uiteenlopend materieel om het werk dat zij aannemen uit te voeren. Het voert wat ver om hier alle beschikbare werktuigen te bespreken. In dit onderzoek zullen de reële opties binnen de exploitatie van één soort werktuig beschouwd worden: de sleephopperzuiger. Een sleephopperzuiger is uitgerust met een zuigbuis en sleepkop waarmee een mengsel van water en zand (of slib) opgezogen wordt van een bodem. Het water wordt hierbij gebruikt als het transportmiddel, vergelijk het met de manier waarop een stofzuiger lucht gebruikt om vuil te transporteren. Het mengsel van zand en water komt via de zuigbuis, pomp en persleiding terecht in hopper, het laadruim van het schip. Het zand bezinkt en het water verlaat de hopper door de overvloeikoker. Vervolgens vaart het schip naar de locatie waar het zand wordt gelost. Dit kan op drie manieren: door het via een nozzle op de boeg op te spuiten (het zogenaamde "rainbowen"), door aan te koppelen op een drijvende leiding en naar het vaste land te persen of door de bodemdeuren van het schip te openen. De manier van lossen die gekozen wordt, is afhankelijk van de plaats waar het zand terecht moet komen. Aansluitend vaart de hopper terug naar het wingebied en begint aan een nieuwe cyclus. Het opzuigen van slib, een activiteit die valt binnen het marktsegment onderhoudsbaggeren, wijkt hier enigszins van af. Omdat het slib zeer langzaam bezinkt, wordt het laadruim van de sleephopperzuiger, geladen zonder gebruik te maken van de overvloeikoker. Zou er wel gebruik gemaakt worden van de overvloeikoker dan zouden de overvloeiverliezen, het deel van het slib dat het beun verlaat via de overvloeikoker, te groot worden. Dit komt de efficiëntie van het proces niet ten goede en heeft grote 'slibpluimen' in het water tot gevolg, hetgeen vanuit milieuoogpunt onwenselijk is.



Figuur 2.1 Artist impression van een 21.000m³ sleephopperzuiger (Bron: IHC)

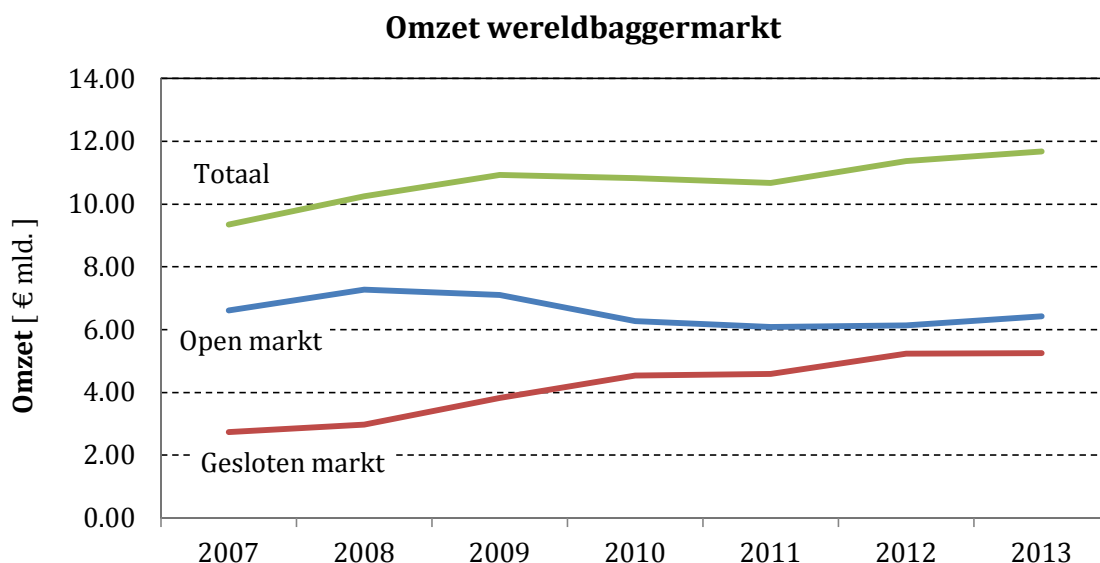
Het gebaggerde slib wordt gelost op zee, via de bodemdeuren, binnen een door de opdrachtgever aangegeven, dumpvak.

Het ontwerp van onderhoudszuiger wijkt op een aantal punten af van een multipurpose zuiger. De lading die vervoerd wordt, het slib, heeft een kleiner soortelijk gewicht dan zand. Bij een even groot hoppervolume betekent dit dat een onderhoudszuiger af kan met kleinere afmetingen en daarmee een kleiner draagvermogen, dan een multipurpose zuiger. Daarnaast heeft het verpompen van slib minder slijtage tot gevolg dan het verpompen van zand, hetgeen van invloed kan zijn op de keuze van materialen en wanddiktes van de zandvoerende delen als leidingen en pompen. Verder zal een multipurpose schip naast de bodemdeuren uitgerust zijn met een walpersinstallatie om het schip te lossen. Deze walpersinstallatie bestaat uit een booster pomp met aandrijving, een persleiding naar de kop van het schip, een rainbow-nozzle en een boegkoppeling waarop de walpersleiding aangesloten kan worden. Dit alles maakt dat de aanschafprijs van een multipurpose zuiger hoger zal zijn dan die van een onderhoudszuiger met een vergelijkbare hopperinhoud.

2.2 Baggermarkt

2.2.1 De grootte van de baggermarkt

Volgens branchevereniging IADC (2014) bedroeg de omzet van de wereldwijde baggermarkt in 2013 € 11,68 mld. Een significant deel van deze markt, 45%, wordt echter bestempeld als gesloten. Voor dit marktdeel geldt dat het gesloten is voor internationale tenders. In China geldt dit voor het overgrote deel van de projecten. Ook in de Verenigde Staten is de markt gesloten, middels de Merchant Marine Act of 1920, ook wel de 'Jones Act'. Deze wet schrijft, onder meer, voor dat de bedrijven die niet in Amerikaanse handen zijn geen baggerwerkzaamheden aan kunnen nemen of uit mogen voeren. Ook in India is deels sprake van een gesloten markt. Het staatsbedrijf Dredging Corporation of India (DCI) heeft daar een voorkeurspositie bij openbare tenders, het komt echter wel voor dat buitenlandse partijen een contract gegund krijgen. Figuur 2.2 laat zien hoe de grootte van de totale baggermarkt, het gesloten en het open deel van de markt zich ontwikkeld hebben over de periode 2007 tot en met 2013.



Figuur 2.2 Ontwikkeling omzet baggermarkt 2007-2013 (Bron: IADC, 2014)

2.2.2 Marktkrachten en marktsegmenten binnen de baggermarkt

Branchevereniging IADC (2014) beschrijft zes marktkrachten en zes marktsegmenten binnen de baggermarkt. Deze zijn opgenomen in Tabel 2.1 en worden toegelicht in de volgende sub-paragrafen.

Marktkracht			Marktsegment		
1.	Wereldhandel	→	1.	Aanleg en uitbreiding	
		→	2.	Onderhoudsbaggeren	
2.	Urbanisatie	→	3.	Urbanisatie	
3.	Bevolkingsgroei	→			
4.	Klimaatverandering	→	4.	Kust- en oeverbescherming	
5.	Energievraag	→	5.	Energie	
6.	Toerisme	→	6.	Toerisme	

Tabel 2.1 Marktkrachten en marktsegmenten binnen de baggermarkt (Bron: IADC, 2014)

Wereldhandel

De wereldhandel wordt gezien als de belangrijkste marktkracht binnen de baggermarkt. Zowel het volume van de wereldhandel als de toenemende grootte van de schepen waarmee een deel van het transport verzorgd wordt is hierbij van belang. Na een kleine dip in 2009 is er sinds 2010 een stijgende lijn waarneembaar in het aantal tonnen dat wereldwijd over zee wordt getransporteerd (UNCRAD, 2014). Daarnaast worden de schepen waarmee de transporten verzorgd worden steeds groter. In 2014 was het grootste container schip de CSCL. Dit schip, met een lengte van 400 meter, heeft aan boord ruimte voor 19.100 20-voet containers (TEU). Ter vergelijking: in 2006 was de Emma Maersk het grootste containerschip met een capaciteit van 14.770 TEU. Toenemende wereldhandel en grotere schepen maken dat de twee marktsegmenten Aanleg & Uitbreiding en Onderhoudsbaggeren een positieve impuls krijgen. Het eerst genoemde segment betreft het aanleggen en uitbreiden havens en waterwegen. Met onderhoudsbaggeren wordt het op diepte houden van bestaande havens en vaarwegen bedoeld. De diepte van beide zaken kan door het afzetten van sedimenten afnemen, hetgeen een bedreiging betekent voor de bevaarbaarheid.

Urbanisatie en bevolkingsgroei

De wereldbevolking groeit en daarnaast neemt het percentage van de wereldbevolking dat in stedelijke gebieden woont toe. Deze gebieden bevinden zich vaak in de buurt van een kust. Er wordt voorspeld (Adger et al., 2005) dat in 2050 de helft van de wereldbevolking binnen een 100 km van een kustlijn zal wonen. Een recente studie (Roelfen et al., 2013) voorspelt een substantieel tekort aan land in 2030 als gevolg van 1,5 miljard mensen die naar stedelijke gebieden trekken. Baggeraannemers kunnen met behulp van hun werktuigen nieuw land opspuiten. Zowel urbanisatie als bevolkingsgroei biedt voor hen kansen. De werkzaamheden die hieruit volgen vallen in het segment Urbanisatie.

Klimaatverandering

De zeespiegel stijgt als gevolg van klimaatverandering. Dit gegeven is, naast het afkalven van stranden door golven en getijdebewegingen, de belangrijkste drijver voor het vierde marktsegment: kustbescherming. Hierbij wordt er zand van de zeebodem afgezogen en opgespoten op stranden die de voorgaande periode zijn afgekalfd of die door de stijgende hoogte onvoldoende bescherming bieden aan het achterland.

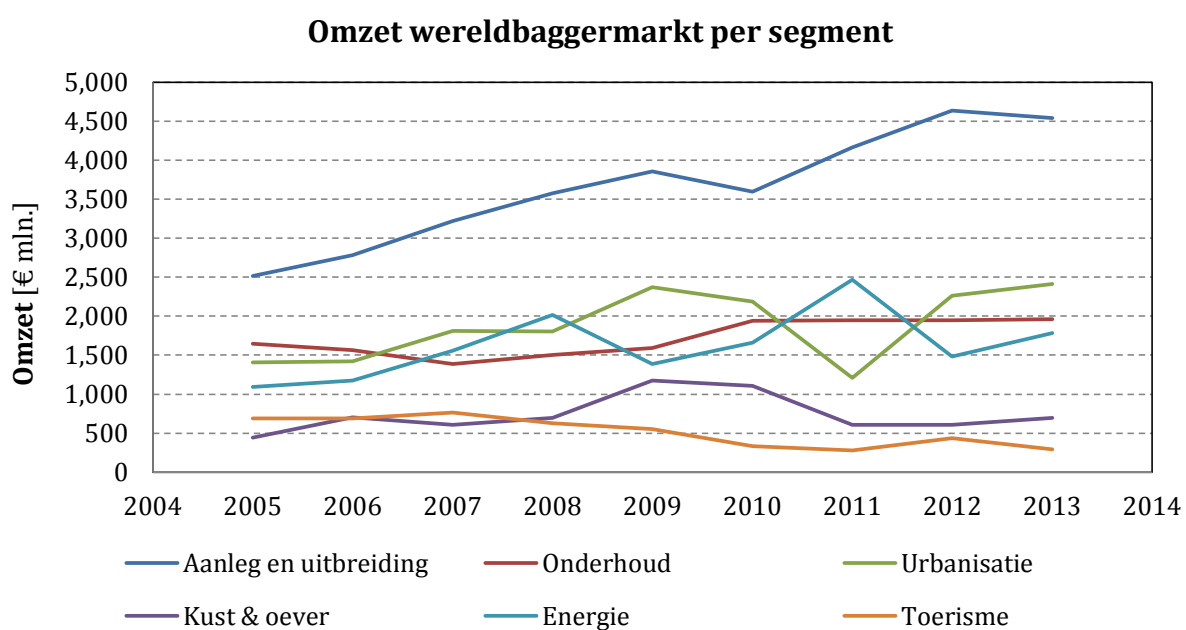
Energievraag

De ontwikkeling van de vraag naar en vorm van energie is de marktkracht die bepalend is voor het marktsegment energie. Binnen dit marktsegment vallen uiteenlopende werkzaamheden als het afdekken van pijpleidingen, de voorbereiding voor de bouw van een LNG terminal, maar ook het voorbereiden van de zeebodem voor het plaatsen van een windpark.

Toerisme

Het zesde en laatste marktsegment is toerisme. Binnen dit segment vallen onder meer het opspuiten en onderhouden van toeristische eilanden en stranden en de voorbereidingen voor de aanleg van jachthavens. De marktkracht die dit segment aanjaagt is de ontwikkeling van het toerisme. De verwachting van de UNWTO is dat de internationale 'tourist-arrivals' over de periode 2010-2030 toe zullen nemen met 3,3% per jaar tot een totaal aantal van 1,8 mld. per jaar in 2030.

In Figuur 2.3 is te zien hoe de verschillende marktsegmenten zich ontwikkeld hebben over de periode 2000 tot en met 2013.



Figuur 2.3 Ontwikkeling segmenten baggermarkt 2005-2013 (Bron: IADC)

3 Theoretische verkenning

3.1 Investeringsanalyse

Trigeorgis (1995) stelt dat waardecreatie door bedrijven en hun positie opzichte van concurrenten in belangrijke mate bepaald wordt door de toewijzing van middelen. Investeren in een kapitaalgoed is een voorbeeld van het toewijzen van een middel. Met investeringen in baggermaterieel zijn veelal bedragen gemoeid in de range van 10 tot 250 miljoen euro. Bij een investering van een dergelijke grootte mag men verwachten dat deze voorafgegaan wordt door een grondige investeringsanalyse. Brounen, de Jong en Koedijk hebben in 2004 onderzocht welke analysemethoden gebruikt worden door bedrijven in Groot Brittannië, Nederland, Frankrijk en Duitsland. Dit onderzoek is een aanvulling op en vergeleken met eerder onderzoek door Graham en Harvey (2001) in de Verenigde Staten. De uitkomsten van beide onderzoeken staan weergegeven in Tabel 3.1.

Percentage van respondenten dat gebruik maakt van investeringsanalysemethode					
	US	UK	NL	DE	FR
Netto contante waarde [%]	74,9	47,0	70,0	47,6	35,1
Interne rentabiliteit [%]	75,6	53,1	56,0	42,2	44,1
Gemiddelde boekhoudkundige rentabiliteit (ARR) [%]	20,3	38,1	25,0	32,2	16,1
Winstgevendheidsindex [%]	11,9	15,9	8,2	16,1	37,7
Terugverdienperiode [%]	56,7	69,2	64,7	50,0	50,9
Terugverdienperiode op basis van contante waarde [%]	29,5	25,4	25,0	30,5	11,3
Basisopbrengst (Hurdle rate) [%]	56,9	27,0	41,7	28,8	3,9
Gevoeligheidsanalyse [%]	51,5	42,9	36,7	28,1	10,4
Reële opties [%]	26,6	29,0	34,7	44,0	53,1

Tabel 3.1 Gebruik van investeringsanalysemethoden in US, UK, NL, DE, en FR (Bron: Brounen et al. (2004))

De verschillende analysemethoden in Tabel 3.1. worden in dit hoofdstuk toegelicht. Het doel hiervan is de lezer een beeld te verschaffen hoe de ROA-methode zich verhoudt tot de NCW-methode en tot andere veel gebruikte analysemethoden. In een aantal gevallen wordt de toelichting geïllustreerd door rekenvoorbeelden. Ook worden de voor- en nadelen benoemd per methode, een samenvatting hiervan is te vinden in paragraaf 3.11. In paragraaf 3.2 zal er aandacht besteed worden aan de vermogenskosten die relevant zijn bij investeringen.

3.2 Vermogenskosten

De kostenvoet van een onderneming kan gezien worden als de prijs die betaald wordt voor het beschikbaar gesteld vermogen. Hierbij moet onderscheid gemaakt worden tussen eigen en vreemd vermogen. Over het algemeen heeft het vreemd vermogen een vaste looptijd en een vaste vergoeding voor het beschikbaar stellen. De vergoeding die verstrekt wordt aan de verstrekkers van het eigen vermogen, de aandeelhouders zal afhangen van de behaalde resultaten. De verstrekkers van het eigen vermogen zullen pas betaald worden nadat de verstrekkers van het vreemde vermogen hun vergoeding hebben ontvangen. Eerst genoemden lopen dus een groter risico en zullen hiervoor een vergoeding verwachten die hoger is dan die van de verstrekkers van het vreemde

vermogen. Een ander verschil is dat de rente die betaald wordt voor het vreemd vermogen opgevoerd kan worden als kosten, waarover geen vennootschapsbelasting wordt betaald. Dit geldt niet voor het dividend, de vergoeding die de verstrekkers van het eigen vermogen ontvangen (Dorsman, 2006).

3.2.1 Kostenvoet vreemd vermogen

De kostenvoet voor het vreemd vermogen is gelijk aan de risicovrije rentevoet plus een opslag voor specifieke risico's die de lening aan het bedrijf met zich meebrengt.

$$K_{vv} = R_f + \text{opslagen voor risico's} \quad \text{Vergelijking 3.1}$$

Hierin zijn:

K_{vv} = Kostenvoet vreemd vermogen

R_f = Risicovrije rentevoet

3.2.2 Risicovrije rentevoet

De literatuur beschrijft verschillende manieren om de risicovrije rentevoet te bepalen. Bruner, Eades, Harris en Higgins (1998) stellen dat T-bills met een looptijd van 90 dagen meer consistent zijn dan obligaties met een lange looptijd. Daarentegen fluctueert de korte termijn rente en is er daarmee wel sprake van een herinvesteringsrisico. Empirisch onderzoek door Bruner et al. (1998) heeft aangetoond dat investeringsanalisten voorkeur geven aan het gebruik van de rente op lange termijn obligaties om de risico vrije rente te bepalen. Damodaran (2014) pleit ervoor te zoeken naar een zero coupon bond uitgegeven door een overheid met een betrouwbare stabiele economie. Doordat de zero coupon bond geen tussentijdse betalingen doet, is er geen sprake van een herinvesteringsrisico. Daarnaast moet de valuta van de obligatie dezelfde zijn als die van de verwachte geldstromen en de looptijd van de obligatie even lang zijn als de periode waarbinnen de geldstromen verwacht worden.

Voor het bepalen van de risicovrije voet van een investering met een levensduur van 10 jaar, zou gekozen kunnen voor een Duitse staatsobligatie. Een 10 jarige Duitse staatsobligatie geeft een rentepercentage van 0,498% per 12 april 2015 (<http://nl.investing.com>). Indien de verwachte toekomstige geldstromen ontvangen worden in Euro's zou dit percentage gebruikt kunnen worden als de risicovrije rentevoet.

3.2.3 Kostenvoet eigen vermogen

De kostenvoet voor het eigen vermogen kent twee varianten: de kostenvoet eigen vermogen unlevered en de kostenvoet eigenvermogen levered. De kostenvoet eigen vermogen unlevered is die vergoeding die de verstrekker van het eigenvermogen wenst te ontvangen voor het beschikbaar stellen van het vermogen, indien het bedrijf volledig gefinancierd zou zijn met eigen vermogen. Indien er voor de financiering echter ook vreemd vermogen aangetrokken wordt, verhoogt dit het risico van de investeerder. Hij zal immers pas betaald worden nadat de verstrekker van het vreemd vermogen zijn vergoeding heeft ontvangen. In verband hiermee zal hij een hogere vergoeding verlangen voor het verstrekken van het eigen vermogen. De literatuur beschrijft twee hoofdstromingen voor het bepalen van de kostenvoet eigen vermogen, het CAPM model en de build-up methode (Vis, 2008). Beiden methoden zullen nu kort worden toegelicht.

Capital Asset Pricing Model

Met behulp van het Capital Asset Pricing Model (CAPM) kan de kostenvoet eigen vermogen als volgt worden bepaald:

$$K_e = R_f + (P_m * \beta)$$

Vergelijking 3.2

K_e = Kostenvoet eigen vermogen

P_m = Gemiddelde marktpremie voor het verstrekken van eigen vermogen

β = Bèta, maatstaf voor het risico van een individueel fonds ten opzichte van dat van de markt

Hierbij wordt de bèta berekend door de covariantie van het fonds en de marktindex te delen door de variantie van de marktindex. De volgende uitkomsten zijn mogelijk:

$\beta > 1$ de volatiliteit van het fonds, en daarmee het risico, is groter dan dat van de markt

$\beta = 1$ de volatiliteit van het fonds, en daarmee het risico, is gelijk aan dat van de markt

$0 < \beta < 1$ de volatiliteit van het fonds, en daarmee het risico, is kleiner dan dat van de markt

$\beta < 0$ het fonds beweegt zich tegengesteld aan de markt.

Indien gebruik gemaakt wordt van een bèta dient men zich af te vragen of het gaat om een levered bèta, die van toepassing is op de onderneming mede gefinancierd met vreemd vermogen of om een unlevered bèta die van toepassing is als de onderneming volledig gefinancierd is met eigen vermogen. Afhankelijk van dit onderscheid is de kostenvoet die berekend wordt Vergelijking 3.2 levered of unlevered.

Indien de levered bèta, de belastingvoet en de vermogensstructuur bekend zijn, kan de unlevered bèta als volgt worden berekend:

$$\beta_u = \frac{\beta_l}{\left[1 + (1 - f) * \left(\frac{VV}{EV}\right)\right]}$$

Vergelijking 3.3

Hierin is:

β_u = Unlevered bèta

β_l = Levered bèta

f = De belastingvoet

VV = Vreemd vermogen

EV = Eigen vermogen

Het CAPM is in oorsprong ontwikkeld als hulpmiddel bij het samenstellen van beleggingsportefeuilles. Het gaat hierbij uit van een efficiënte markt, een markt waarin alle informatie voor iedereen bekend is, verwerkt is in de koers en de ontwikkeling ervan. De bèta, zowel levered als unlevered, wordt berekend op basis van historische ontwikkelingen, er worden dus geen toekomstige verwachting in meegenomen. Verder kunnen er geen bèta's berekend worden voor ondernemingen die niet beursgenoteerd zijn. Dit wordt in de praktijk soms opgelost door te zoeken naar vergelijkbare beursgenoteerde bedrijven waarvan de bèta wel bekend is. Hierbij zal kritisch gekeken moeten worden in welke mate er sprake is van een zuiver vergelijk.

De build up methode

Een alternatief voor de CAPM methode is de build up methode. Deze methode maakt ook gebruik van de risicovrije rentevoet en de marktpremie voor eigen vermogen. Daarnaast kent de methode een premie voor het bedrijfsspecifieke risico. De hoogte van deze premie wordt onder meer bepaald door de mate van flexibiliteit die de onderneming heeft. Zijn er bijvoorbeeld veel alternatieven voor gebruikte grondstoffen, dan zal dit verlagend werken op de premie. Vervullen enkele medewerkers

een sleutelpositie en kunnen zij moeilijk vervangen worden, dan werkt dit premie verhogend. Een hulpmiddel waarmee de mate van risico voor de onderneming in kaart gebracht kan worden is de SWOT analyse. In de praktijk komen opslagen van circa 5 tot 7 procent regelmatig voor (Vis, 2006). Ook voor deze methode geldt dat onderscheid gemaakt moet worden tussen een risicotoeslag voor een levered en een unlevered onderneming. In formulevorm in de build up methode te zien in Vergelijking 3.4.

$$K_e = R_f + P_m + P_{Spr} \quad \text{Vergelijking 3.4}$$

Waarin:

P_{spr} = De premie voor het bedrijfsspecifieke risico

Te zien is dat de marktpremie en de bedrijfsspecifieke risicopremie bij elkaar worden opgeteld. Hierop wordt wel kritiek uitgeoefend (Vis, 2006). Als alternatief kan een analist ervoor kiezen de verschillende termen met elkaar te vermenigvuldigen, hetgeen rekenkundig goed verdedigbaar is.

$$K_e = \left((1 + R_f) * (1 + P_m) * (1 + P_{Spr}) \right) - 1 \quad \text{Vergelijking 3.5}$$

Modigliani en Miller

Modigliani en Miller (1958) stellen in hun propositie I dat, in een wereld zonder belastingen, de waarde van een onderneming onafhankelijk is van haar vermogensstructuur. In hun propositie II stellen zij dat, in een wereld zonder belastingen, het verwachte rendement op het eigen vermogen positief gerelateerd is aan de mate van 'leverage'. De kostenvoet van het eigen vermogen leveraged is groter dan de kostenvoet unleveraged, als gevolg van een toename van het risico. In formulevorm ziet dit te zien in Vergelijking 3.7 (Hillier et al, 2006).

$$K_{el} = K_{eu} + (K_{eu} - K_{vv}) * \left(\frac{VV}{EV} \right) \quad \text{Vergelijking 3.6}$$

Waarin:

K_{el} = Kostenvoet eigen vermogen levered

K_{eu} = Kostenvoet eigen vermogen unlevered

Indien er belastingen worden bepaald is de vermogensstructuur van de onderneming wel van invloed op de waarde (Modigliani en Miller, 1963). Dit komt voort uit het feit dat de vergoeding die betaald wordt aan de verstrekker van het vreemde vermogen gezien worden als kosten, er wordt geen belasting over betaald over deze vergoeding. Dit heeft invloed op zowel de waarde van de onderneming als de kostenvoet eigen vermogen levered. Bij een onderneming met oneindige toekomstige geldstromen (perpetual) en een vaste vermogensstructuur kan de waarde als volgt berekend worden (Hillier et al, 2006) :

$$V_l = \frac{EBIT * (1 - f)}{K_{eu}} + \frac{f * K_{vv} * VV}{K_{vv}} = \frac{EBIT * (1 - f)}{K_{eu}} + f * VV \quad \text{Vergelijking 3.7}$$

Waarin:

V_l = de waarde van de onderneming met vreemd vermogen (levered)

EBIT = Operationeel resultaat (Earnings before interest and taxes)

Te zien is dat de besparing op de belasting (tax shield) contant gemaakt wordt tegen de K_{vv} . Hierover is in de literatuur de nodige discussie te vinden. Volgens Vis (2006) stellen verschillende auteurs dat

er gebruik gemaakt moeten worden van de K_{vv} . Zij gaan ervanuit dat er sprake is van min of meer zekere geldstromen. Anderen stellen dat de besparing niet zeker is, zo wordt er immers pas belasting betaald indien er winst gemaakt wordt en kunnen belastingstelsels worden herzien. Dit pleit voor een disconteringsvoet die behoort bij onzekere geldstromen. Binnen dit rapport zal, indien er sprake is van vreemd vermogen, deze laatste redenering worden gevolgd. In formulevorm staat deze weergegeven in Vergelijking 3.8.

$$V_l = \frac{EBIT * (1 - f)}{K_{eu}} + \frac{f * K_{vv} * VV}{K_{eu}} \quad \text{Vergelijking 3.8}$$

3.2.4 Gewogen gemiddelde kostenvoet

Als de vermogensstructuur, de verhouding tussen eigen en vreemd vermogen, en de vermogenskosten bekend zijn kan de gewogen gemiddelde kostenvoet berekend worden. Deze kostenvoet wordt in de literatuur vaak aangeduid als de Weighed Average Cost of Capital, ook wel WACC. De gewogen gemiddelde kostenvoet kan variëren gedurende de levensduur van een investering, bijvoorbeeld door het aantrekken van extra vreemd vermogen of het aflossen van een lening. Indien er geen belasting betaald wordt is de WACC gelijk aan de K_{eu} , indien er wel belasting betaald wordt zal de WACC lager uitvallen dan de K_{eu} . De WACC wordt berekend volgens Vergelijking 3.9.

$$WACC = \left(\frac{EV}{EV + VV} \right) * K_{el} + \left(\frac{VV}{EV + VV} \right) * K_{vv} * (1 - f) \quad \text{Vergelijking 3.9}$$

3.2.5 Nominale en reële kostenvoeten en geldstromen

Bij het analyseren van investeringen dient de analist onderscheid te maken tussen reële en nominale kostenvoeten en toekomstige geldstromen. Reëel wil in deze context zeggen exclusief inflatie en nominaal inclusief inflatie. Volgens Hillier et al (2013) geven beide methoden dezelfde uitkomst indien ze maar consistent worden doorgevoerd, dat wil zeggen:

- Nominale toekomstige kasstromen dienen contant gemaakt te worden tegen de nominale disconteringsvoet;
- Reële kasstromen dienen contant gemaakt te worden tegen de reële kostenvoet.

Verder geldt:

$$\text{Reële kostenvoet} = \frac{(1 + \text{Nominale kostenvoet})}{(1 + \text{Inflatiepercentage})} - 1 \quad \text{Vergelijking 3.10}$$

$$\text{Reële geldstroom} = \frac{\text{Nominale geldstroom}}{(1 + \text{Inflatiepercentage})} \quad \text{Vergelijking 3.11}$$

3.3 Netto contante waarde

De beslissing al dan niet te investeren wordt binnen veel bedrijven mede op basis van de berekening van netto contante waarde (NCW) van de betreffende investering genomen (Damadoran, 2000).

Als de netto contante waarde methode als evaluatietechniek gebruikt wordt, worden de verwachte toekomstige geldstromen (ook wel Free Cash Flows, FCF's) contant gemaakt tegen de disconteringsvoet. Vervolgens wordt hiervan de initiële investering (I_0) afgetrokken, de uitkomst hiervan is de NCW (Dorsman, 2010), zoals te zien is in Vergelijking 3.12.

$$NCW = CW - I_0 = \sum \frac{C_t}{(1 + WACC)^t} - I_0 \quad (t = 1, 2, \dots, n) \quad \text{Vergelijking 3.12}$$

Waarin:

NCW = netto contante waarde;

CW = contante waarde van toekomstige vrije geldstromen;

C_t = vrije geldstroom in periode t ;

I_0 = initiële investering.

De vrije geldstroom per periode kan als volgt berekend worden, (Vis, 2006):

<i>Operationeel resultaat (winst voor rente en belasting)</i>	
Belasting over operationeel resultaat	-
<i>Netto operationeel resultaat</i>	
Afschrijvingen en amortisaties	+
Mutatie in voorzieningen	+
Investerings (incl. mutatie netto werkkapitaal)	-
Desinvesteringen	+
<i>Vrije geldstroom</i>	

Tabel 3.2 Berekening van vrije geldstromen

Binnen de NCW-methode wordt ervan uitgegaan dat bedragen op verschillende momenten verschillende waarde hebben, de methode houdt rekening met de tijdwaarde van geld. Met andere woorden een geldstroom die vandaag wordt ontvangen, heeft na het contant maken ervan, een grotere waarde dan een even grote geldstroom die in de toekomst ontvangen wordt (Dorsman, 2006). Volgens Damodaran (2000) zwelt de kritiek op de netto contante waarde modellen echter aan. De netto contante waarde methode gaat uit van statisch management en houdt geen rekening met de flexibiliteit die de ondernemer heeft. Hij kan, naarmate de tijd vordert, inspelen op gewijzigde verwachtingen. De toekomstverwachtingen kunnen worden herzien op basis van de ontwikkeling van de markt en nieuwe informatie die beschikbaar komt gedurende de levensduur van het investeringsobject. Voor ondernemers geldt dat de economische werkelijkheid per dag kan verschillen en dat scenario's zich anders ontwikkelen dan op voorhand gedacht. Enerzijds impliceert dit een risico, anderzijds biedt het ook kansen. De ondernemer heeft namelijk de mogelijkheid, gedurende de levensduur van het investeringsobject, de strategie aan te passen aan de veranderende marktomstandigheden en op basis van nieuwe informatie.

3.4 Interne rentabiliteit

De interne rentabiliteit (IR) wordt ook wel de omgekeerde NCW-methode genoemd. Zij geeft het rendement aan dat met het project behaald wordt. De interne rentabiliteit is die disconteringsvoet waarbij de som van de contant gemaakt verwachte vrije geldstromen van een project gelijk zijn aan de initiële investering van het project (Dorsman & Smit, 2002). Met andere woorden: de Interne

rentabiliteit is die disconteringsvoet waarbij het project een Netto contante waarde heeft die gelijk is aan 0. Als een keuze moet worden gemaakt tussen twee of meerdere elkaar uitsluitende projecten op basis van interne rentabiliteit, zal het management, in principe, de voorkeur geven aan het project met de hoogste interne rentabiliteit.

De interne rentabiliteit kan berekend worden volgens Vergelijking 3.13

$$I_0 = \sum \frac{C_t}{(1 + IR)^t} \quad (t = 1, 2, \dots, n) \quad \text{Vergelijking 3.13}$$

Een voordeel van de interne rentabiliteit is dat zij, evenals de NCW-methode rekening houdt met de tijdwaarde van geld. Een nadeel van de interne rentabiliteit is dat de methode er vanuit gaat dat de vrije geldstromen die voortkomen uit een project tegen eenzelfde rendement als de interne rentabiliteit kunnen worden geïnvesteerd. Dit hoeft zeker in het geval van lucratieve projecten niet zo te zijn. Dit kan ondervangen worden door te werken met de gewijzigde interne rentabiliteitsmethode, waarbij de vrije geldstromen tegen een vooraf opgegeven rendement, bijvoorbeeld de rentabiliteitseis van het betreffende bedrijf geïnvesteerd worden. De methode kan gebruikt worden bij conventionele projecten, waarbij een uitgaande geldstroom gevolgd wordt door een aantal inkomende geldstromen. Bij meer complexe projecten, bijvoorbeeld waarbij aan het eind ook een uitgaande geldstroom plaats vindt kan de IR twee waardes geven, dit wordt aangetoond met onderstaand rekenvoorbeeld. Hierin wordt aangetoond dat voor een project met geldstroom in jaar 0 van -300, een geldstroom in jaar 1 van 700 en een geldstroom in jaar 2 van -402 twee waardes oplevert voor de IRR namelijk 2,14% en 31,2%.

$$-300 + \frac{700}{1.0214} - \frac{402}{1.0214^2} = 0$$

en

$$-300 + \frac{700}{1.312} - \frac{402}{1.312^2} = 0$$

In deze gevallen is het gebruik van de IRR dus niet zinvol. Hoewel op het eerste gezicht een negatieve geldstroom aan het einde van een looptijd misschien niet realistisch lijkt, is dit wel degelijk het geval voor verschillende projecten. Denk bijvoorbeeld aan het ontmantelen van een boor- en productieplatform. De ontmanteling brengt kosten met zich mee, die worden gemaakt nadat de exploitatie beëindigd is.

Hoewel de IR – methode en NCW-methode gestoeld zijn op dezelfde gedachte, het contact maken van vrije geldstromen naar t_0 , kan de toepassing ervan leiden tot verschillende uitkomsten. Het voert te ver om op deze plaats de verschillen rekenkundig uit te werken. Wat wel opgemerkt moet worden, is dat bij vergelijk van projecten met verschillende initiële investeringen, verschillende looptijden en verschillende verdeling van de verwachte geldstromen beide methoden verschillende uitkomsten kunnen geven (Dorsman & Smit, 2002).

3.5 Gemiddelde boekhoudkundige rentabiliteit

Bij de berekening van de gemiddelde boekhoudkundige rentabiliteit (GBR) wordt de gemiddelde winst over een periode, gerelateerd aan een bepaalde investering, gedeeld door het gemiddeld geïnvesteerd vermogen. Indien de berekende rentabiliteit groter is dan de geëiste rentabiliteit komt het project in aanmerking voor uitvoering.

Voorbeeld berekening

Project A vergt een investering van €1.000.000. De waarde van deze investering wordt in 10 jaar afgeschreven tot 20%. De verwachte jaarlijkse winststijging als gevolg van dit project bedraagt € 90.000. Het gemiddeld geïnvesteerd vermogen wordt berekend door de initiële investering en de rest waarde bij elkaar op te tellen en dit te delen door twee $(€1.000.000 + (0.2 * €1.000.000)) / 2 = € 600.000$.

$$GBR = \frac{\text{Gemiddelde winst}}{\text{Gemiddeld geïnvesteerd vermogen}} \quad \text{Vergelijking 3.14}$$

$$GBR = \frac{€ 90.000}{€ 600.000} = 0,15 = 15\%$$

Het betreft een relatief eenvoudige methode waarvoor weinig financiële kennis en rekenvaardigheden nodig zijn. Er kleven echter een aantal nadelen aan het gebruik van de gemiddelde boekhoudkundige rentabiliteit. Allereerst wordt er gerekend met winst en niet met geldstromen. Dat laatste genoemde grootheid een betere maatstaf is komt voort uit het feit dat de kastromen en de disconteringsvoet bepalend zijn voor de waarde van de onderneming. Veel bedrijven streven naar en sturen op waarde maximalisatie. Een veel gehoorde uitdrukking in de wereld van investeringsanalyse is dan ook: 'Profit is an opinion, cash is a fact'. Daarnaast wordt er binnen de methode geen rekening gehouden met de tijdwaarde van geld. Een scenario waarin in het tiende jaar € 900.000 winst wordt gemaakt en in de overige 9 jaren 'break-even' wordt gedraaid, zal eenzelfde uitkomst hebben als een scenario waarin in het eerste jaar €900.000 winst wordt gemaakt en in de overige 9 jaren 'break-even' wordt gedraaid. Beide scenario's hebben een gemiddelde winst van € 90.000 per jaar en geven een gemiddelde boekhoudkundige rentabiliteit van 15%. Toch zal een ondernemer de voorkeur geven aan het tweede scenario, waarin hij ten opzichte van het eerste scenario nog 9 jaar de tijd heeft om de € 900.000 te investeren en daarmee verder te laten groeien.

3.6 Winstgevendheid index

Een andere manier om projecten te evalueren is de winstgevendheid index (WI), deze wordt volgens Hillier et al (2013) berekend conform Vergelijking 3.15.

$$WI = \frac{CW}{I_0} \quad \text{Vergelijking 3.15}$$

In lijn met de NCW-methode moeten projecten met een $WI < 1$ worden afgewezen en projecten met een $WI > 1$ worden geaccepteerd. Bij onafhankelijke projecten en onbeperkte middelen zullen alle projecten met een $WI > 1$ en dus ook $NCW > 0$ worden geaccepteerd. Is er sprake van twee projecten die elkaar uitsluiten, dan dient het project met de hoogste NCW waarde gekozen te worden ook als deze een lagere winstgevendheid index heeft. Dit kan voorkomen als de initiële investering van beide projecten verschillende grootte hebben. Het project met de grotere NCW waarde heeft in dat

geval relatief gezien een lager rendement, maar wel een rendement dat groter is dan de disconteringsvoet. Dit wordt toegelicht met behulp van het rekenvoorbeeld in Tabel 3.3. In dit rekenvoorbeeld is uitgegaan van een disconteringsvoet van 12%. In het geval van elkaar uitsluitende projecten en voldoende beschikbaar kapitaal, zal project A gekozen worden.

Project	Geldstromen			CW	NCW	WI
	<i>T0</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>			
A	-100	90	50	120.2	20.2	1.20
B	-50	50	25	64.6	14.6	1.29

Tabel 3.3 Vergelijk uitkomst NCW en WI

3.7 Terugverdienperiode

De terugverdienperiode (TVP) is de periode waarna een initiële investering op t_0 is terugverdiend. Als deze periode gelijk is aan of korter is dan de maximale terugverdienperiode zal het project worden goed gekeurd. Stel dat de maximale terugverdienperiode gesteld is op 2 jaar. Voor een project B is een investering nodig is van € 100.000,- en de verwachte geldstromen bedragen €70.000, €30.000 en €20.000. De terugverdientijd van de investering is dan 2 jaar, gelijk aan de maximale terugverdientijd. De investering wordt daarom goedgekeurd. Een groot voordeel van de TVP methode is haar eenvoud, dit is de reden dat zij binnen veel grote bedrijven wordt toegepast voor de beoordeling van relatief kleine investering (Hillier et al, 2013). Er kleven echter ook nadelen aan de methode. Zo wordt er voorbijgegaan aan de tijdwaarde van geld en wordt er niet gekeken naar geldstromen die na de terugverdienperiode verwacht worden. Tot slot kan gesteld worden dat de gekozen maximale terugverdientijd arbitrair is. Waar er boeken vol geschreven zijn over het vast stellen van een juiste disconteringsvoet op basis van het risicoprofiel van de investering, is dit niet het geval voor het kiezen van een maximale terugverdientijd.

3.7.1 Terugverdienperiode op basis van contante waarde

Een van de nadelen van de terugverdienperiode is dat de methode voorbij gaat aan de tijdwaarde van geld. Dit kan ondervangen worden door de verwachte geldstromen contant te maken tegen de disconteringsvoet. De andere twee bezwaren, de arbitraire maximale terugverdientijd en het buiten beschouwing laten van de geldstromen die ontvangen worden na de terugverdienperiode blijven bestaan. Dit maakt deze methode, evenals de terugverdientijd, ongeschikt aan de netto contante waarde. Hillier et al (2013) noemen de terugverdienperiode op basis van contante waarde een slecht compromis tussen de terugverdienperiode en NCW. Men kan zich afvragen waarom je, na het berekenen van een disconteringsvoet en het contant maken van verwachte geldstromen, ervoor zou kiezen om de terugverdienperiode op basis van contante waarde te berekenen, als je met dezelfde gegevens ook je beslissing kan baseren op de netto contante waarde.

3.8 Basisopbrengst

De basisopbrengst, ook wel de hurdle rate, van een investering is de minimale waarde die gesteld is als uitkomst van een investeringsanalyse. Zo kan bij de berekening van de interne rentabiliteit de uitkomst vergeleken worden met de WACC van het bedrijf. Er kan bij investeringsanalyse ook gekozen worden voor een hurdle rate die afwijkt van de WACC van het bedrijf, dit zal het geval zijn als de inschatting van het risico van de betreffende investering afwijkt van de inschatting van het risico van het bedrijf als geheel.

3.9 Gevoeligheidsanalyse

De waarde van een investering of een project wordt bepaald op basis van de verwachting omtrent de grootte die variabelen aan zullen nemen (Dorsman, 2006). Deze variabelen zijn onder andere prijs, afzet en de hoogte van kostencomponenten waaronder de vermogenskostenvoet. Dorsman (2006) maakt onderscheid tussen exogene variabelen en endogene variabelen. Op exogene variabelen, zoals bijvoorbeeld de risicovrije rentevoet, heeft het bestuur van de organisatie geen invloed. Op endogene variabelen, bijvoorbeeld de efficiëntie van een proces, kan het bestuur wel invloed uitoefenen. Dorsman (2006) stelt dat het uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse inzicht verhogend werkt bij betrokkenen. Bij een gevoeligheidsanalyse wordt er telkens met één van de variabelen gevarieerd, de overige variabelen blijven constant, onderzocht wordt wat de invloed van de fluctuatie is op de waarde van het investering. Dit helpt bestuurders bij het stellen van prioriteiten. Zij kunnen zich actief richten op de variabelen die de grootste invloed hebben op het rendement van het project. Anderzijds geeft het inzicht in de gevolgen van mogelijke ontwikkelingen die, over tijd, anders blijken dan aanvankelijk verwacht. Hillier (2013) waarschuwt voor een misplaatst gevoel van veiligheid na het uitvoeren van gevoeligheidsanalyse. Dit gevoel zou kunnen groeien indien een investering zelfs bij een pessimistisch ingeschatte ontwikkeling van één van de variabelen een positieve netto contante waarde laat zien. Daarnaast benoemt hij het probleem dat sommige variabelen zich makkelijker laten voorspellen dan anderen. Ook stelt Hillier (2013) dat het goed mogelijk is dat meerdere variabelen met elkaar verbonden zijn, terwijl een gevoeligheidsanalyse de variabele in isolatie beschouwd. Zo kunnen prijs en afzet dalen indien de markt niet geïnteresseerd is in een bepaald product. Analisten proberen dit laatste probleem te ondervangen middels scenario analyse waarbij er gevarieerd wordt met meerdere variabelen per scenario.

3.10 Reële optie analyse

De reële optie analyse (ROA) wordt door veel experts (o.a. Mun (2006), Copeland & Antikarov (2003) en Bendall en Stent (2005 & 2007)) gezien als een bruikbare en zinvolle aanvulling op de NCW-methode. Dit komt voort uit het feit dat de methode de gebruiker ervan in staat stelt flexibiliteit binnen de exploitatie van een investeringsobject te waarderen. Op grond van de uitkomsten van deze analyse zouden beslissingsnemers kunnen komen tot andere beslissingen dan op basis van de standaard NCW. Bendall en Stent tonen dit aan in hun studies uit 2005 en 2007. In deze studies beschouwen zij de inzet van containerschepen en analyseren deze met zowel de NCW als de ROA. Beide methodes leveren uitkomsten die significant verschillend zijn. Hierbij wordt vastgesteld wordt dat de uitkomst van ROA-methode beter is, doordat deze ook de flexibiliteit waardeert.

Waar de academische wereld de ROA-methode al geruime tijd omarmt heeft, is dit in mindere mate het geval voor het bedrijfsleven. Mun (2006) en Copeland & Antikarov (2003) geven als reden dat de methode complexer is en minder intuïtief dan de breder toegepaste NCW. Toch ziet Mun (2006) de methode ook in het bedrijfsleven toegepast worden. Zo gaat hij in zijn boek uitgebreid in op de manier waarop Boeing de ROA-methode gebruikt bij het afsluiten van lease-contracten van hun vliegtuigen.

In deze paragraaf zal als eerste beschreven worden welke reële opties er zijn binnen de exploitatie van een investeringsobject. Vervolgens zal aan de hand van enkele

rekenvoorbeelden worden toegelicht hoe de ROA-methode kan worden toegepast. Hierbij wordt zowel de methode met binominal trees als de methode van Black & Scholes beschouwd.

3.10.1 Soorten reële opties

Trigeorgis (1993) beschrijft verschillende soorten reële opties. Onderstaand een opsomming met een korte toelichting:

Optie tot uitstellen

In sommige gevallen heeft het management het recht heeft om de investeringsbeslissing uit te stellen. Dit kan een waardevolle optie zijn indien zij nog bezig zijn om het benodigde vermogen bij elkaar te krijgen of indien zij willen afwachten om te zien hoe een bepaalde markt zich ontwikkelt. In dit laatste geval zullen zij alleen tot investering overgaan op het moment dat de prijzen op de afzetmarkt, en de verwachte ontwikkeling ervan, deze investering rechtvaardigen.

De optie te stoppen tijdens de bouw

Voor een aantal investeringsprojecten geldt dat ze gefaseerd worden gedaan. Voor aanvang van een nieuwe fase zal de afweging gemaakt worden of de kennis van dat moment de investering rechtvaardigt. Voorbeelden zijn onder meer: R&D-projecten, start-ups, maar ook energiecentrales.

De optie tot uitbreiding, inkrimpen of stoppen en opnieuw starten

Indien de marktomstandigheden de initiële verwachting overtreffen kan er overwogen worden de investering uit te breiden. Een voorbeeld hiervan is de uitbreiding van de parkeergarage die in paragraaf 1 wordt genoemd. Indien de marktomstandigheden achterblijven kan er voor gekozen worden om de productiecapaciteit tijdelijk terug te schroeven of de productie zelfs tijdelijk stil te leggen.

De optie tot verkoop

Als marktomstandigheden en of de marktpositie sterk verslechter zijn, kan het management ook besluiten het investeringsobject te verkopen op de tweedehandsmarkt.

Optie tot overstappen op andere input en / of output

Tijdens de exploitatie van het investeringsobject kan er soms gekozen worden om te schakelen tussen verschillende inputs en/of outputs. Een voorbeeld van een investeringsobject waarbij geschakeld kan worden tussen verschillende soorten input is een elektriciteitscentrale die zowel op gas als op kolen gestookt kan worden. De keuze tussen beide zal bepaald worden door prijs en beschikbaarheid. Een voorbeeld van een investeringsobject die verschillende soorten output kan voortbrengen is een spuitgieterij waar zowel verpakkingsmateriaal als speelgoed gefabriceerd wordt.

Verder merkt Trigeorgis op dat er ook sprake kan zijn van een combinatie van meerdere opties binnen een investering. De gecombineerde waarde van deze keuzemogelijkheden kan groter zijn dan de som van de afzonderlijke opties.

3.10.2 Rekenvoorbeeld optie tot uitstellen

Een eerste rekenkundige introductie van de reële optie analyse en een vergelijk van de ROA-methode met de netto contante waarde methode en de analyse met behulp van beslissing bomen zal

in deze paragraaf gepresenteerd worden op basis van enkele eenvoudige rekenkundige voorbeelden. Deze voorbeelden zijn ontleend aan Copeland en Antikarov (2003).

Het eerste voorbeeld betreft een eenvoudige optie tot uitstellen. Een ondernemer kan vandaag een overeenkomst aangaan om over een jaar (op t_1) €115 mln. te investeren. De hoogte van dit bedrag is zeker, de contante waarde van de verwachte geldstromen is dat niet. De kans op een contante waarde van de verwachte kasstromen van € 170 mln. wordt geschat op 50%. De kans op een contante waarde van de verwachte kasstromen van € 65 mln. wordt eveneens geschat op 50%, beiden op t_1 . De ondernemer heeft ook een alternatief: hij kan tegen betaling van € C_0 het recht kopen om de beslissing een jaar uit te stellen. Hoeveel is deze optie dan waard, indien de risico vrije kostenvoet 8% bedraagt en de WACC 17,5%?

De netto contante waarde van de investering kan als volgt berekend worden: Het betreft de netto contante waarde van het project indien de ondernemer zich vandaag (t_0) de verplichting aangaat over een jaar (t_1) te investeren.

$$NCW = \frac{0,5 * 170 + 0,5 * 65}{1,175} - \frac{115}{1,08} = 100 - 106,48 = -6,48 \text{ mln.}$$

De verwachte geldstromen op t_1 worden contant gemaakt naar t_0 door ze te delen door $1 + WACC$, de geldstromen zijn immers onzeker. Dit geldt niet voor de hoogte van de investering op $t=1$, dit is de reden dat deze contant gemaakt wordt voor t_0 tegen de risicovrije kostenvoet.

De waarde van de optie tot uitstellen wordt, volgens Copeland en Antikarov, in de praktijk regelmatig bepaald door gebruik te maken van een beslissingsboomanalyse. Dat dit rekenkundig onjuist is tonen zij aan door middel van het vergelijk van het rekenvoorbeeld in paragraaf 3.10.3 met het rekenvoorbeeld van de Marketed Asset Disclaimer (MAD) in paragraaf 3.10.4. De methode waarbij gebruik gemaakt wordt van een op de markt verhandelde 'twin security' wordt hier buiten beschouwing gelaten. Bij deze benadering wordt er op zoek gegaan naar beleggingen met exact hetzelfde risicoprofiel en opbrengsten als de investering. De reden om deze methode niet te gebruiken is dat er simpelweg geen beleggingen bekend zijn, waarvan bekend is dat zij dezelfde risicoprofiel en verwachte geldstromen (pay outs) hebben als een sleepopperzuiger.

3.10.3 Rekenvoorbeeld beslissingsboomanalyse

Naast het vandaag aangaan van de verplichting tot investering kan de ondernemer er ook voor kiezen een optie tot uitstel te nemen. Deze optie geeft hem het recht, maar niet de verplichting, om over een jaar de investering van €115 mln. te doen. Na een jaar is er 50% kans dat de contante waarde van de verwachte geldstromen € 170 mln. bedragen. De waarde van de optie tot uitstel is in dat geval gelijk aan de NCW van het project € 55 mln. Er is echter ook 50% kans dat de waarde van de verwachte geldstromen € 65 mln. bedraagt. De netto contante waarde van het project bedraagt in dat geval - € 50 mln., hetgeen betekent dat de optie waardeloos blijkt.

Een veelgemaakte fout is om de NCW van het project met de optie tot uitstel als volgt te berekenen:

$$NCW = \frac{0,5 * 55 + 0,5 * 0}{1,175} = \frac{27,5}{1,175} = 23,4 \text{ mln.}$$

Dit zou betekenen dat de waarde van de optie € 23,4 mln – (– € 6,48 mln.) = € 29,88 mln. waard is. Deze berekening is echter niet juist, omdat hij in strijd is met de zogenaamde 'law of one price'. De disconteringsvoet van 17,5% is van toepassing op een 50/50 kansverdeling op een geldstroom van € 170 of €65 mln. en voor elke patroon met een perfecte correlatie. Voor de geldstromen van de optie tot uitstel € 55 mln. en € 0 geldt dat ze dat ze die perfecte correlatie niet hebben. De juiste waarde van de optie tot uitstel zal berekend worden met behulp van de Marketed Asset Disclaimer.

3.10.4 Rekenvoorbeeld Market Asset Disclaimer (MAD)

Copeland en Antikarov (2003) stellen dat het zoeken naar een belegging met eenzelfde risico profiel en evenredige opbrengsten een frustrerende en bijna onmogelijke opgave is. Zij pleiten ervoor de contante waarde van het project zelf, zonder flexibiliteit, als uitgangspunt te nemen alsmede de verwachte geldstromen in het positieve en negatieve scenario.

Om de contante waarde van het project met flexibiliteit te bepalen wordt gebruik gemaakt van de replicating portfolio techniek. Binnen deze techniek wordt een portefeuille van aandelen en obligaties samengesteld waarvan het risico en de opbrengsten gelijk is aan die van de investering. Omdat de portefeuille een perfect substituut is voor de investering stelt 'de law of one price' dat de prijs (en de waarde) ook gelijk moeten zijn.

De contante waarde van het project zonder flexibiliteit bedraagt € 100 mln. en het project met flexibiliteit heeft na een jaar een contante waarde van € 55 mln. of € 0. Stel dat er een portefeuille samengesteld wordt van een aandeel met een grootte m in het project en dat dit wordt bekostigd door het uitgeven van risicovrije obligaties. Deze portefeuille heeft dezelfde contante waarde als de contante waarde van het project met flexibiliteit Op t_0 geldt dan:

$$\text{Contante waarde van project met flexibiliteit} = m(100) - B$$

Hierin is:

- m = aandeel in het project / de investering
- B = bedrag aan uitgegeven risicovrije obligaties

Na één jaar zijn er dan de volgende mogelijkheden:

Positief scenario:	$m(170) - B(1 + r_f) = 55$
	$m(170) - 1,08B = 55$
Negatief scenario:	$m(65) - B(1 + r_f) = 0$
	$m(65) - 1,08B = 0$

De twee vergelijkingen met twee onbekenden, kunnen opgelost worden. Men vindt dan dat $m=0,524$ en $B = 31,54$. De contante waarde van het project met flexibiliteit op t_0 kan vervolgens berekend worden en bedraagt:

Contante waarde van het project met flexibiliteit bedraagt = $0,524 \cdot 100 - 31,57 = € 20,86$ mln. De waarde van de optie komt daarmee op: € 20,86 mln – (– € 6,48 mln.) = € 27,34 mln., hetgeen minder is dan de foutieve uitkomst van de analyse van de beslissingsboom, € 29,88 mln.

3.10.5 Rekenvoorbeeld optie tot overstappen

Het waarderen van de optie tot overstappen zal eveneens geïllustreerd worden met behulp van een rekenvoorbeeld dat ontleend is aan Copeland en Antikarov (2003). Een onderneming is eigenaar van een fabriek die gebruik maakt van technologie X. Als gevolg van de toenemende vraag overweegt de directie te investeren in een nieuwe fabriek. Hierbij hebben zij de keuze te investeren in een fabriek die gebruik maakt van technologie X, een alternatieve technologie Y of een flexibele techniek Z. Deze laatste fabriek biedt de mogelijkheid om over te schakelen van techniek X naar techniek Y voor € 15 omschakelkosten (C_{xy}) en van techniek Y naar techniek X voor € 10 omschakelkosten (C_{yx}). Technologie X heeft een hogere volatiliteit, hetgeen voortvloeit uit hogere vaste kosten. Aangenomen wordt dat er sprake is van een geometrisch stochastisch proces. Hier uit volgt dat de stapgrootte van de up en down scenario's, die in kaart gebracht worden met behulp van een binominale boom, kunnen worden berekend met behulp van σ en T

$$Up = e^{\sigma \sqrt{\frac{T}{N}}} \quad \text{Vergelijking 3.16}$$

en

$$Down = \frac{1}{Up} \quad \text{Vergelijking 3.17}$$

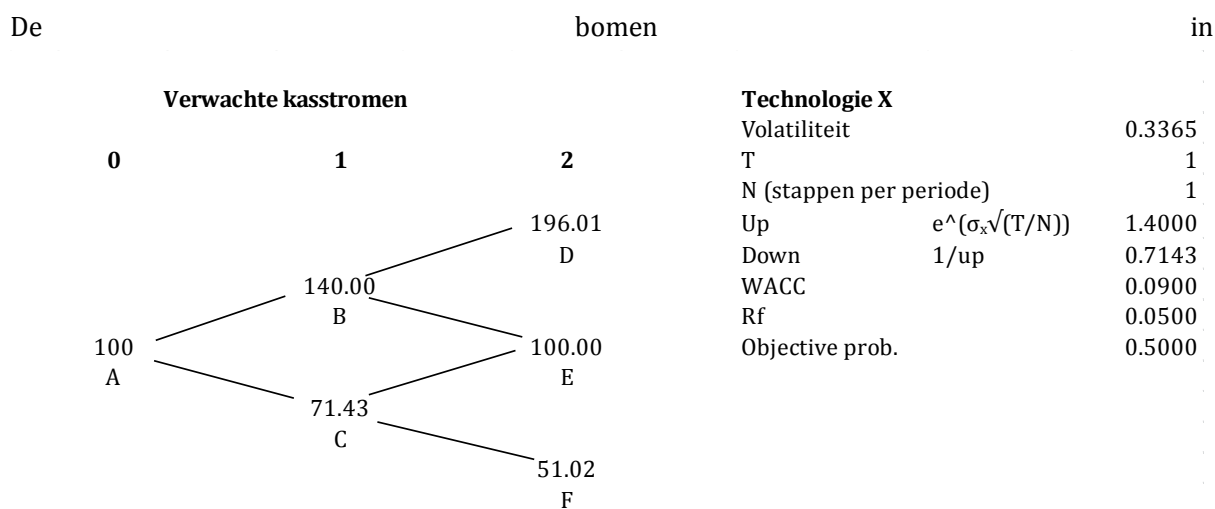
Hierin is:

σ = Volatiliteit

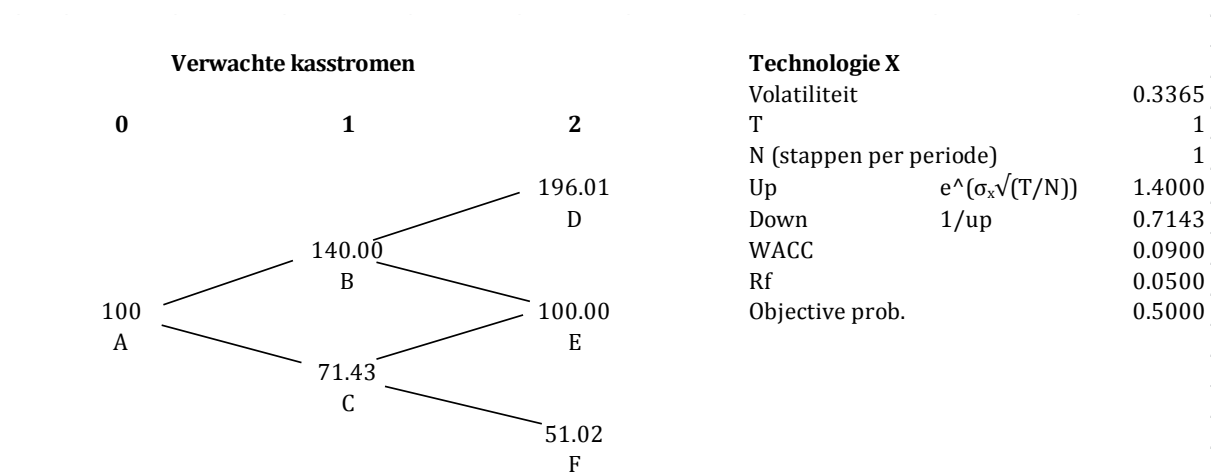
T = Periode waarvoor de volatiliteit geldt

N = Het aantal stappen per periode (T)

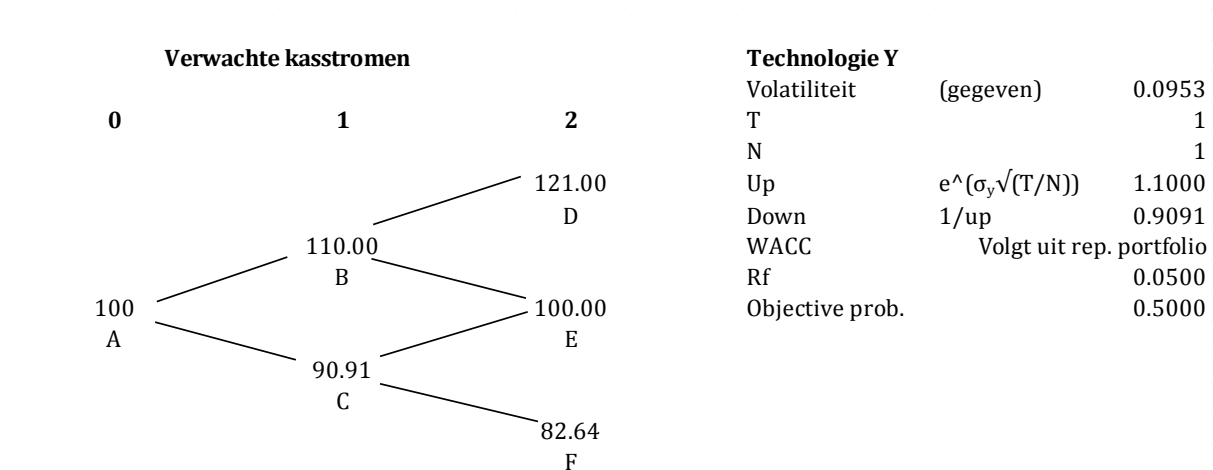
De initiële investering voor zowel technologie X als Y bedraagt € 100. De initiële investering voor de flexibele technologie Z bedraagt € 110. Voor beide technologieën geldt verder een verwachte geldstroom van € 100 op t_0 . Voor technologie X is de WACC ingeschat op 9% op basis van analyse van de huidige bedrijfsvoering. De risicovrije rentevoet (R_f) bedraagt 6%. De kans op een Up of Down scenario bedraagt na elk punt in de boom 50%. Tot slot wordt aangenomen dat de onzekerheid van beide technologieën perfect gecorreleerd zijn.



Figuur 3.1 en Figuur 3.2 laten de verwachte geldstromen zien bij verschillende mogelijke toekomstige ontwikkelingen voor de fabriek met technologie X en met technologie Y.



Figuur 3.1 Verwachte geldstromen van fabriek met technologie X



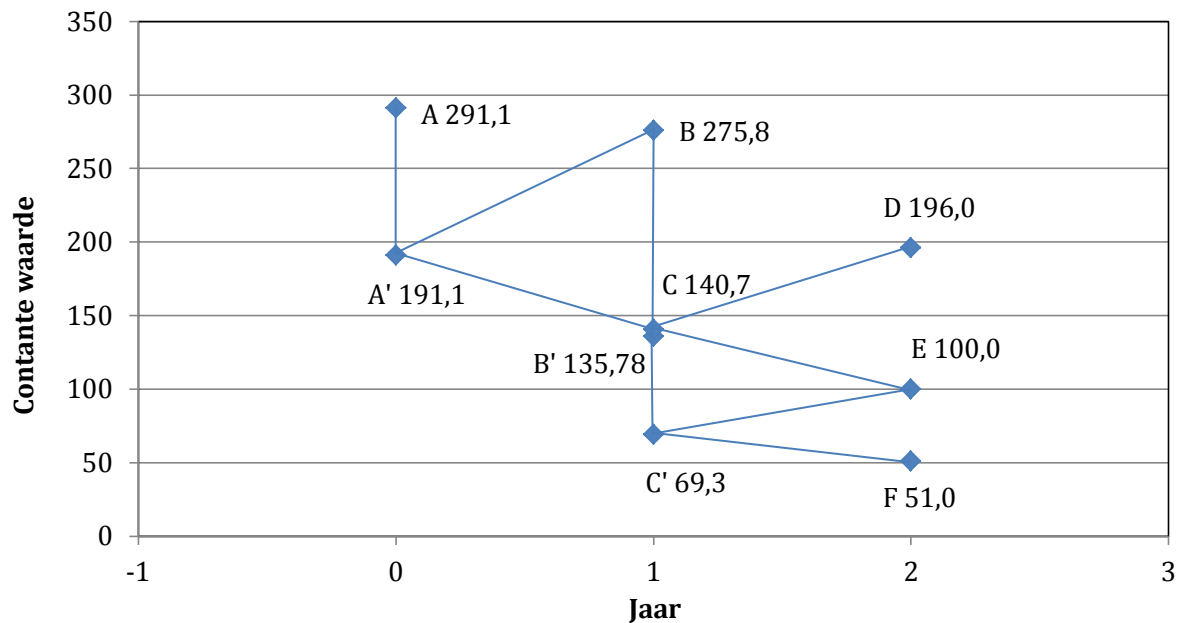
Figuur 3.2 Verwachte geldstromen van fabriek met technologie Y

Op basis van deze informatie kan de contante waarde van de fabriek met technologie X op de verschillende plaatsen in de boom berekend worden. Gestart wordt aan het einde van de boom. Zo wordt de waarde in punt B als volgt berekend:

$$CW_{XB} = \frac{p * CW_{XD} + (1 - p)CW_{XE}}{(1 + WACC_x)} + C_{XB} \quad \text{Vergelijking 3.18}$$

$$CW_{XB} = \frac{0,5 * 196 + (1 - 0,5) * 100}{(1 + 0,09)} + 140 = 135,78 + 140 = 275,78$$

De contante waarde van de fabriek in de overige punten kan op een zelfde manier bepaald worden. De berekende waardes staan onderstaand weergegeven in Figuur 3.3, waarbij de waardes gemarkeerd met een ' (A',B' en C') de waarde is exclusief de geldstroom over het betreffende jaar.



Figuur 3.3 Contante waarde van fabriek met technologie X

De netto contante waarde van de fabriek met technologie X (NCW_x) op t_0 is gelijk aan de contante waarde van de toekomstige geldstromen - de initiële investering = $291,05 - 100 = 191,05$.

Nu de contante waarde van de fabriek met technologie X bekend is, kan de waarde van de fabriek met technologie Y berekend worden. Omdat de WACC van 9% geldt voor het risico profiel van een fabriek technologie X, kan deze niet gebruikt worden om de contante waardes van de fabriek met technologie Y, zonder flexibiliteit, te berekenen. Ook nu wordt weer de replicating portfolio-techniek gebruikt en wel als volgt:

$$mCW_{XD} - (1 + r_f)B = CW_{YD} \quad \text{Vergelijking 3.19}$$

$$mCW_{XE} - (1 + r_f)B = CW_{YE} \quad \text{Vergelijking 3.20}$$

Uit deze 2 vergelijkingen kunnen m en B worden berekend.

$$Bm = \frac{CW_{YD} - CW_{YE}}{CW_{XD} - CW_{XE}} = \frac{121 - 100}{196 - 100} = 0,2187$$

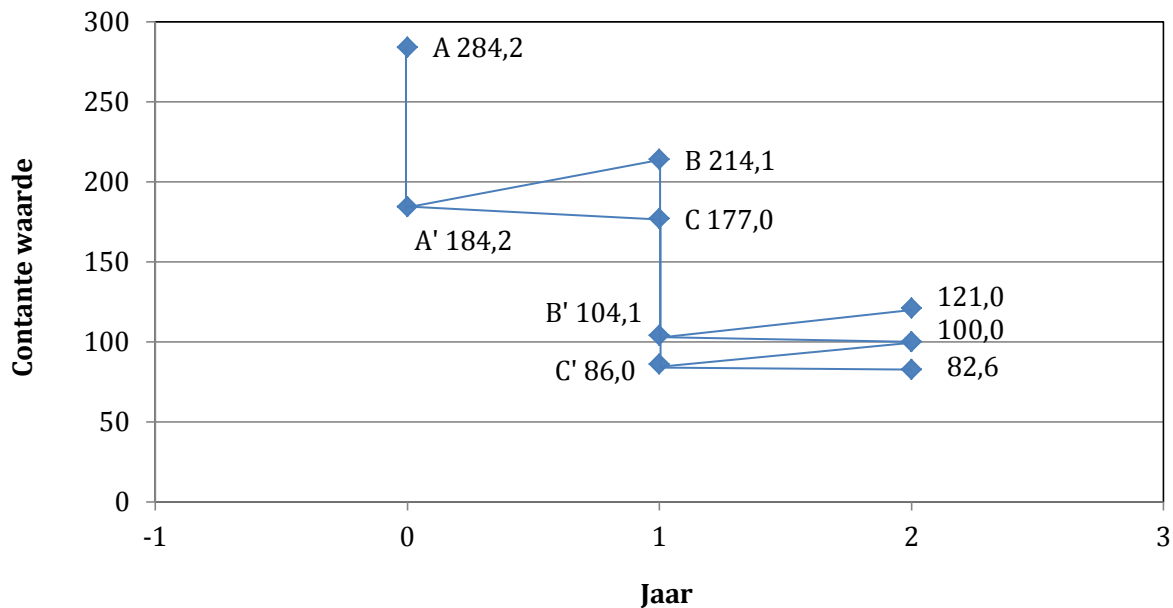
$$B = \frac{CW_{YD} - mCW_{XD}}{1 - R_f} = \frac{121 - 0,2187 * 196}{1,05} = 74,41$$

$$CW_{YB} = mCW_{XB'} + B + C_{YB} \quad \text{Vergelijking 3.21}$$

$$CW_{YB} = 0,2187 * 135,78 + 74,41 + 110 = 214,11$$

Op vergelijkbare wijze kan ook de contante waarde van de overige punten berekend worden. De berekende waardes staan onderstaand weergegeven in Figuur 3.4. Ook hier geldt dat de waardes

gemarkeerd met een ' (A',B' en C') de contante waarde is exclusief de geldstroom over het betreffende jaar.



Figuur 3.4 Contante waarde van fabriek met technologie Y

De netto contante waarde van de fabriek met technologie Y (NCW_y) op t_0 is gelijk aan de contante waarde van de toekomstige geldstromen - de initiële investering = $284,21 - 100 = 184,21$. Indien in dit stadium de keuze gemaakt moet worden tussen een fabriek met technologie X of technologie Y, gaat de voorkeur uit naar de fabriek met technologie X aangezien deze fabriek de grootste netto contante waarde heeft.

Vervolgens wordt er onderzocht of een fabriek met de flexibele technologie Z wellicht een hogere netto contante waarde heeft, inclusief de waarde van de reële opties, dan de NCW_x . Om dit te kunnen doen moet het optimale overstapschema worden bepaald. Aangezien er kosten gemoeid zijn met het omschakelen van technologie, is het op elk beslissingsmoment van belang of de fabriek gedurende de voorgaande periode opereerde in modus X of modus Y. Aan het begin van de exploitatie kan de fabriek opstarten in X of in Y modus, dit betekent dat er 2 sets van overstapstrategieën met bijbehorende beslissingsbomen zullen worden ontwikkeld. Ook nu wordt er weer gestart aan het eind van de boom. Voor elke punt worden de volgende vragen gesteld:

- Aangenomen dat de fabriek gedurende de voorliggende periode opereerde in X modus, is het dan zinvol om over te schakelen naar Y modus en daarvoor de betreffende omschakelkosten te betalen?
- Aangenomen dat de fabriek gedurende de voorliggende periode opereerde in X modus, is het dan zinvol om over te schakelen naar Y modus en daarvoor de betreffende omschakelkosten te betalen?

Toegepast op punt D van de bomen van X en Y, kunnen de volgende optimale beslissingen (S) genomen worden:

$$S_{XD} = \text{MAX} (CW_{XD}, CW_{YD} - C_{xy}) \quad \text{Vergelijking 3.22}$$

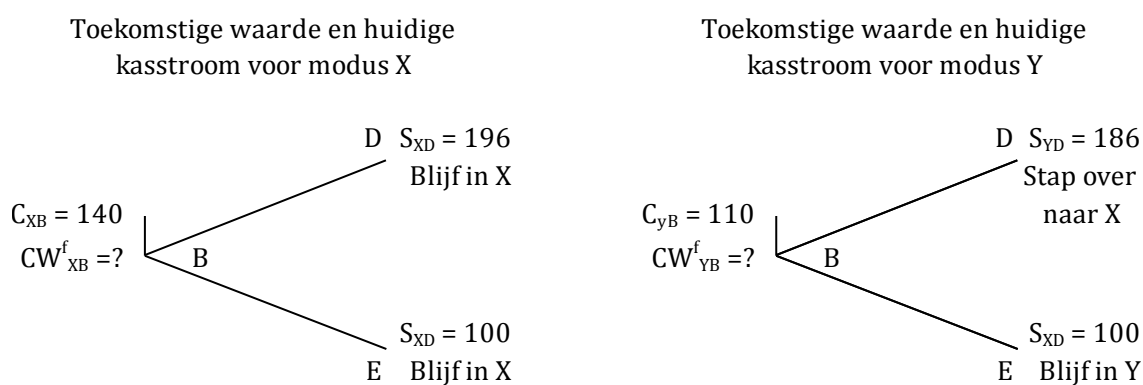
$$S_{XD} = \text{MAX}(196, 12 - 15) = 196 \Rightarrow \text{blijf in X}$$

$$S_{YD} = \text{MAX}(CW_{YD}, CW_{XD} - C_{xy})$$

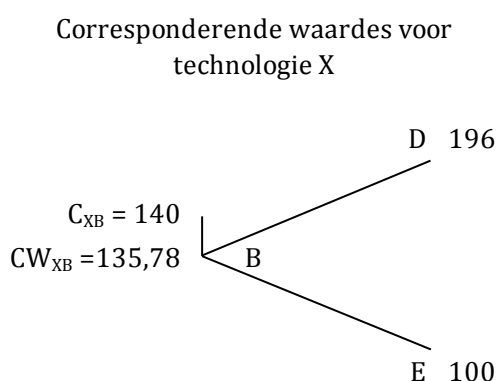
Vergelijking 3.23

$$S_{YD} = \text{MAX}(121, 196 - 10) = 186 \Rightarrow \text{schakel over naar X}$$

Nadat de optimale beslissingen voor de modus voor de laatste periodes bepaald zijn, wordt de voorliggende periode geanalyseerd. Allereerst wordt de contante waarde voor beide bomen berekend. Dit wordt weergegeven in Figuur 3.5.



Figuur 3.5 Berekening van contante waarde met flexibiliteit in punt B



Figuur 3.6 Contante waarde zonder flexibiliteit als basis voor replicating portfolio

Voor knooppunt B in modus X geldt voor zowel toestand D als toestand E dat er niet overgeschakeld zal worden. Daarmee is de contante waarde van XB met flexibiliteit gelijk aan de contante waarde van XB zonder flexibiliteit: 275,78.

Komend vanuit knooppunt B in modus Y in toestand D betekent dat er overgeschakeld moet worden naar technologie X. De contante waarde met flexibiliteit in punt B wordt berekend met behulp van de replicating portfolio techniek en de contante waarde boom van de statische fabriek met technologie X.

$$m = \frac{S_{YD} - S_{YE}}{CW_{XD} - CW_{XE}} = \frac{186 - 100}{196 - 100} = 0,8958$$

$$B = \frac{S_{YD} - mCW_{XD}}{1 - R_f} = \frac{186 - 0,8958 * 196}{1,05} = 9,92$$

$$CW_{YB}^f = mCW_{XB}^f + B + C_{YB} \quad \text{Vergelijking 3.24}$$

$$CW_{YB}^f = 0,8958 * 135,78 + 9,92 + 110 = 241,55$$

Nu moet er voor beide bomen onderzocht worden of het optimaal is om in de ingestelde modus te blijven opereren of dat het aantrekkelijker is om over te schakelen. Voor knooppunt B in modus X geldt dat er gekozen kan worden om in modus X te blijven, de contante waarde is dan € 275,78 of om over te schakelen, tegen €15 kosten, naar technologie Y.

$$S_{XB} = \text{MAX}(CW_{XB}^f, CW_{YB}^f - C_{XY}) = \text{MAX}(275,78, 241,55 - 15) = 275,78 \Rightarrow \text{Blijf in X}$$

Voor knooppunt B in modus Y geldt de volgende keuze:

$$S_{YB} = \text{MAX}(CW_{YB}^f, CW_{XB}^f - C_{YX}) = \text{MAX}(241,55, 275,78 - 10) = 265,78 \Rightarrow \text{Stap over naar X}$$

Als voor de overige punten van beide bomen vergelijkbare berekeningen en analyses worden uitgevoerd, wordt de waardering van de reële opties gevonden. De uitkomsten worden weergegeven in Figuur 3.8. Te zien is dat: $ROA_{YA} > ROA_{XA} > PV_{XA}$. De flexibiliteit resulteert in dit geval in een grotere contante waarde in punt A, zowel indien er gestart wordt in modus X als in modus Y. Hierbij levert het starten in A in modus Y de grootste contante waarde op. De flexibiliteit, technologie vergt echter ook een grotere investering: €110 in plaats van €100. Is de extra contante waarde in A voldoende om deze grotere investering te rechtvaardigen? Dit wordt onderstaand berekend:

$$ROA_{ZX} = ROA_{XA} - I_Z \quad \text{Vergelijking 3.25}$$

$$ROA_{ZX} = 301,43 - 110 = 191,43$$

$$ROA_{ZY} = ROA_{YA} - I_Z \quad \text{Vergelijking 3.26}$$

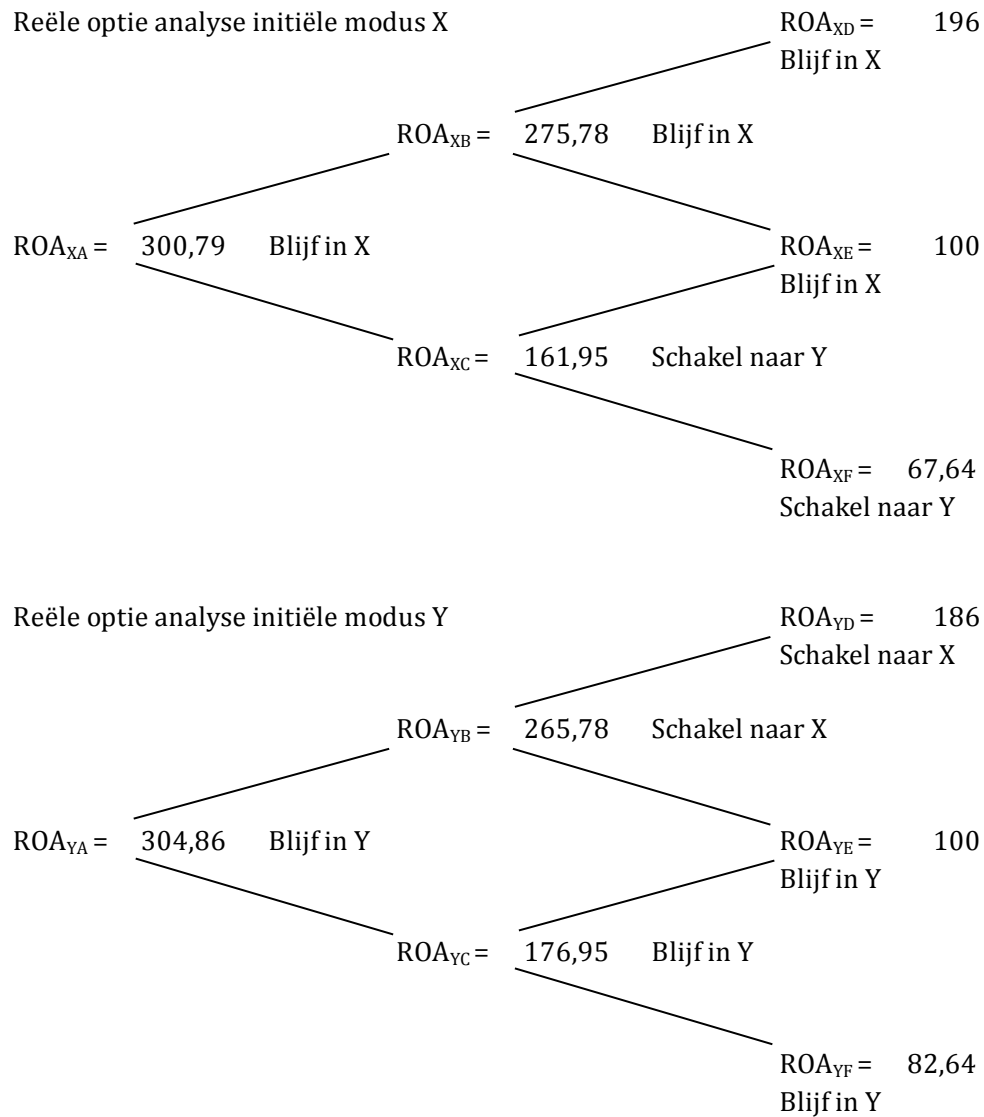
$$ROA_{ZY} = 304,86 - 110 = 194,56$$

$$ROA_{ZY} > ROA_{ZX} > NPV_X$$

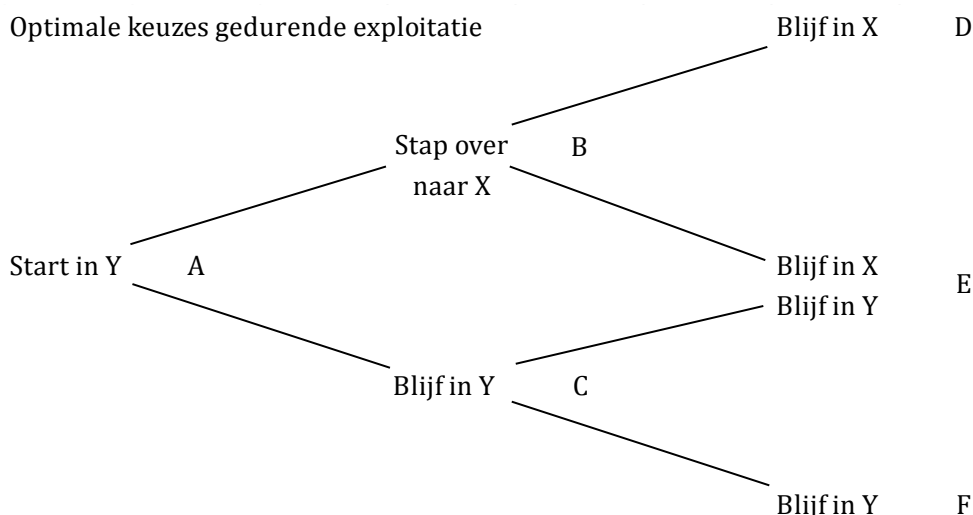
De fabriek Z met flexibele technologie blijkt, inclusief de waarde van de reële opties, de hoogste netto contante waarde te hebben. Ook volgt uit bovenstaande berekening dat indien gestart wordt in

modus Y, de fabriek de hoogste netto contante waarde genereert. De overige optimale beslissingen op de verschillende punten in de boom staan weergegeven in Figuur 3.8.

Reële optie waardering van flexibele technologie Z



Figuur 3.7 ROA van fabriek met flexibele technologie Z



Figuur 3.8 Optimale keuzes voor technologie gedurende exploitatie

3.10.6 Black-Scholes model

In 1973 ontwikkelden Fischer Black en Myron Scholes een model om Europese financiële opties te waarderen. Het verschil tussen Europese en Amerikaans opties is dat Europese opties alleen uitgeoefend kunnen worden aan het eind van de looptijd en Amerikaanse opties gedurende de gehele looptijd. Verder houdt het model geen rekening met eventueel uitgekeerd dividend.

Het Black-Scholes-model, waarmee de waarde van een call optie bepaald kan worden, staat weergegeven in Vergelijking 3.27.

$$C = SN(d_1) - Ee^{-R_f t}N(d_2) \quad \text{Vergelijking 3.27}$$

Waarin:

- C = De huidige waarde van de optie
- S = De huidige waarde van het onderliggende actief
- E = De uitoefenprijs van de optie
- t = De resterende looptijd van de optie
- R_f = De risicovrije rente (die geldt voor de resterende looptijd)
- σ = De standaard deviatie in waarde van onderliggend actief
- σ² = De variantie in waarde van onderliggend actief
- N(d₁) = Cumulatieve distributiefunctie op d₁
- N(d₂) = Cumulatieve distributiefunctie op d₂

N(d₁) en N(d₂) kunnen, indien normaal verdeeld, bepaald worden met behulp van Excel of afgelezen worden uit een tabel. Hiervoor dienen eerst d₁ en d₂ te worden berekend. Dit gebeurt als volgt:

$$d_1 = \left[\ln\left(\frac{S}{E}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t \right] / \sqrt{\sigma^2 t} \quad \text{Vergelijking 3.28}$$

en

$$d_2 = d_1 - \sqrt{\sigma^2 t} \quad \text{Vergelijking 3.29}$$

Zoals gesteld houdt het model geen rekening met het uitkeren van dividend. Het uitkeren van dividend zal de waarde van het onderliggend actief laten dalen. Dit heeft tot gevolg dat een call opties, het recht om te kopen tegen een vooraf afgesproken prijs, ook zal dalen in waarde. Een put optie, het recht om te verkopen tegen een vooraf afgesproken prijs, zal daarentegen stijgen. Men zou ervoor kunnen kiezen om de contante waarde van de verwachte dividenden te schatten en dit bedrag in mindering te brengen op huidige waarde (S) (Vis, 2010). Als men ervan uit gaat dat het dividend rendement gedurende de looptijd niet wijzigt, kan het Black en Scholes model als volgt worden aangepast (Damodaran, 2000).

$$C = Se^{-yt}N(d_1) - Ee^{-R_f t}N(d_2) \quad \text{Vergelijking 3.30}$$

Waarin:

y = Het dividendrendement

$$d_1 = \left[\ln\left(\frac{S}{E}\right) + \left(r - y + \frac{\sigma^2}{2}\right)t \right] / \sqrt{\sigma^2 t} \quad \text{Vergelijking 3.31}$$

en

$$d_2 = d_1 - \sqrt{\sigma^2 t} \quad \text{Vergelijking 3.32}$$

Het Black en Scholes model is ontworpen om Europese opties, opties die niet uitgeoefend kunnen voor de einddatum, te waarderen. Voor veel reële opties geldt dat ze uitgeoefend kunnen worden op elk gewenst moment voor het verstrijken van de einddatum. In algemene zin kan gesteld worden dat Amerikaanse opties minimaal evenveel, maar vaak meer waard zijn dan Europese opties, als gevolg van de mogelijkheid van vervroegde uitoefening. Er kan op verschillende manieren worden omgegaan met de waarde van de mogelijkheid van vervroegde uitoefening. Er kan voor gekozen worden om het onaangepaste Black en Scholes te gebruiken en de uitkomst ervan te beschouwen als een conservatieve, minimale waarde. Bij het waarderen van opties op aandelen wordt er ook wel voor gekozen de waarde van de optie te schatten op elk ex dividend moment en vervolgens de grootste van deze waardes te kiezen als de waarde van de optie.

Hoewel reële opties niet verhandeld kunnen worden, of in ieder geval minder eenvoudig dan financiële opties, stelt Damodaran (2000) dat de waarde van reële opties bepaald kan worden met behulp van het Black en Scholes model. Hij stelt dat de waarde van het onderliggende actief gelijk is aan de contante waarde van de verwachte geldstromen, zonder de initiële investering. De waarde van de optie is in belangrijke mate afhankelijk van de variantie in de grootte verwachte geldstromen en daarmee in de waarde van het onderliggend actief. Kester (1984) stelt dat indien twee projecten een identiek netto contante waarde hebben en beiden uitgesteld kunnen worden voor een bepaalde periode, een groeioptie op het project met de meeste risico de meeste waarde zal hebben. Dit wordt veroorzaakt door de asymmetrie tussen winst en verlies, hetgeen weer voortkomt uit het feit dat het hebben van een optie een keuzemogelijkheid is. Het is een recht, maar geen verplichting. Daarmee is een potentieel verlies beperkt tot de aanschafprijs van de optie, terwijl de potentiële winst een dergelijke beperking niet kent.

De variantie in de verwachte toekomstige geldstromen van een project kan volgen Damodaran (2000) op drie manieren ingeschat worden:

1. Indien vergelijkbare projecten uitgevoerd zijn in het verleden, kan de variantie in geldstromen van die projecten gebruikt worden als een inschatting.
2. Aan verschillende scenario's kan een waarschijnlijkheid worden toegekend. En vervolgens kan de variantie in verwachte geldstromen worden ingeschat.
3. De variantie in de marktwaarde van bedrijven die opereren in deze markt kan beschouwd worden als de inschatting van de variantie van het project. Damodaran plaatst hierbij wel de kanttekening dat de variantie van de marktwaarde van de bedrijven kleiner kan zijn, dan die van individuele projecten, aangezien deze bedrijven vaak een portfolio aan projecten hebben.

3.10.7 Rekenvoorbeeld Black-Scholes model

Om het gebruik van het Black en Scholes model te illustreren wordt onderstaand een voorbeeld uitgewerkt van een project met de optie tot uitstellen. Dit voorbeeld is ontleend aan Damodaran (2000).

Een bedrijf overweegt de exclusieve rechten te kopen van een nieuw product dat het voor de mensen eenvoudiger moet maken om toegang te krijgen tot hun e-mail, wanneer ze onderweg zijn. De inschatting is dat, na het verkrijgen van de rechten, een investering nodig is van € 500 mln. voor de infrastructuur die benodigd is om de service te kunnen bieden. Op basis van de huidige verwachtingen, schat het bedrijf in dat de investering jaarlijks € 100 mln. aan geldstromen na belasting zal genereren en dat er sprake is van een concurrentievoorsprong van vijf jaar. Op basis van het risicoprofiel stelt het bedrijf de disconteringsvoet van dit project op 15%. De contante waarde van de verwachte geldstromen volgt uit de berekening:

$$CW = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+k)^t} \quad (t = 1, 2, \dots, n) \quad \text{Vergelijking 3.33}$$

De contante waarde bedraagt € 335,2155 mln. en hieruit volgt dat het project een statische netto contante waarde heeft van - €164,7845 mln. Dit betekent volgens de netto contante waarde methode dat het bedrijf waarde zal vernietigen indien het project wordt aangegaan. De grootste bron van onzekerheid binnen de project is het aantal mensen dat gebruik zal gaan maken van de dienst. Waar de inschatting is dat er in de huidige markt slechts een beperkt aantal zakenreizigers gebruik zal maken van de dienst, is er de mogelijkheid dat de toekomstige markt veel groter zal zijn. Uit een simulatie van mogelijke toekomstige geldstromen volgt een standaard deviatie van 42% in de contante waarde van € 335,2155 mln. Om de waarde van de exclusieve rechten op dit project in te schatten met behulp van Black en Scholes, dienen eerst de input grootheden te worden gedefinieerd.

- De huidige waarde van het onderliggende actief is gelijk aan contante waarde van de geldstromen, € 335,2155 mln.
- De uitoefenprijs van de optie is gelijk aan de initiële investering die benodigd is om de dienst op de markt te brengen, € 500 mln.

- De variantie de waarde van het onderliggende actief is gelijk aan het kwadraat van de standaard deviatie: $0,42^2 = 0,1764$.
- Het dividendrendement bedraagt $1 / \text{door de periode van concurrentievoordeel} = 1/5 = 0,2$
- De risicovrije rentevoet, voor vijf jaar, bedraagt 5%

$$d_1 = \frac{\left[\ln\left(\frac{S}{E}\right) + \left(r - y + \frac{\sigma^2}{2}\right)t \right]}{\sqrt{\sigma^2 t}}$$

$$d_1 = \frac{\left[\ln\left(\frac{335,2155}{500}\right) + \left(0,05 - 0,2 + \frac{0,1764}{2}\right)5 \right]}{\sqrt{0,1764 * 5}} = -0,7547$$

$N(d_1)$ kan nu bepaald worden uit een tabel met cumulatieve normaal verdeling of, zoals hier gedaan, met behulp van de functie norm.s.dist in Excel. $N(d_1)$ bedraagt 0,2252.

$$d_2 = d_1 - \sqrt{\sigma^2 t}$$

$$d_2 = 0,225196 - \sqrt{0,1764 * 5} = -1,69391$$

$$N(d_2) = 0,0451$$

Op basis van deze getallen kan vervolgens de waarde van de optie op de exclusieve rechten van het project worden ingeschat.

$$C = Se^{-yt}N(d_1) - Ee^{-rt}N(d_2)$$

$$C = 335,2155 * e^{-0,2*5} * 0,2252 - 500e^{-0,05*5} * 0,0451 = 10,1929$$

Deze berekening laat zien dat, ondanks de negatieve netto contante waarde van het project, de optie op de exclusieve rechten van het project 'vandaag' ruim 10 miljoen euro waard zijn.

Zowel Copeland en Antikarov (2003) als Mun (2006) stellen dat het gebruik van binominale bomen en de replicating portfolio techniek te verkiezen is boven het Black en Scholes model. Hiervoor brengen ze verschillende argumenten naar voren. Het belangrijkste argument is dat het Black en Scholes model minder flexibel is in de toepassing. Zo is er geen ruimte voor real-life factoren zoals bijvoorbeeld black out periodes van het investeringsobject en kan er slechts gerekend worden met enkelvoudige volatiliteit. Een tweede argument voor het gebruik van de replicating portfolio techniek is dat deze in combinatie met de bomen het waarderingsproces van de optie beter inzichtelijk maakt voor de beslissingsnemer. Het Black en Scholes formule heeft een hoger 'black box' gehalte. In de case zal het advies van de heren gevolgd worden, deze keuze is gemaakt op basis van de argumenten en op basis van het feit dat er binnen de literatuurstudie geen rekenkundig voorbeeld is gevonden van het waarden van de optie tot overstappen met behulp van de Black en Scholes formule.

3.11 Samenvatting literatuurstudie investeringsanalyse

De verschillende investeringsanalyse methodes die onderzocht zijn in het kader van de theoretische verkenning zijn in de eerdere paragrafen van dit hoofdstuk beschreven en geïllustreerd met rekenvoorbeelden. In deze paragraaf een korte opsomming van de voor- en nadelen van de verschillende methoden.

Netto contante waarde

Voordelen:

- De methode houdt rekening met de tijdwaarde van geld;
- De methode is breed bekend.

Nadeel:

- De uitkomst kan rekenkundig onjuist, te laag, zijn. Dit komt doordat de waarde van eventuele flexibiliteit niet gewaardeerd wordt in de analyse.

Interne rentabiliteit

Voordelen:

- De methode houdt rekening met de tijdwaarde van geld
- De methode is breed bekend

Nadelen:

- De uitkomst kan rekenkundig onjuist, te laag, zijn. Dit komt doordat de waarde van eventuele flexibiliteit niet gewaardeerd wordt in de analyse.
- De methode gaat er vanuit dat de geldstromen uit een project tegen dezelfde gerealiseerde kostenvoet als die van het project geherinvesteerd kunnen worden.
- Er zijn meerdere rekenkundige uitkomsten mogelijk indien er sprake is van tussentijdse investeringen (negatieve geldstromen) binnen een project.

Gemiddelde boekhoudkundige rentabiliteit (ARR)

Voordeel:

- De methode is betrekkelijk eenvoudig;

Nadelen:

- De methode houdt geen rekening met de tijdwaarde van geld;
- Er wordt gerekend met de winst en niet met geldstromen. Winst wordt vaak gezien als subjectief begrip.

Winstgevendheidsindex

Voordelen:

- De methode houdt rekening met de tijdwaarde van geld
- Bij beperkte middelen kan de methode helpen het meest lucratieve project te kiezen

Nadeel:

- Het project met relatief gezien het hoogste rendement scoort het best. Dit is niet per definitie het project met de hoogste NCW. Bij voldoende te investeren middelen kan dit leiden tot een suboptimale keuze.

Terugverdienperiode

Voordeel:

- De methode is betrekkelijk eenvoudig;

Nadelen:

- De methode houdt geen rekening met de tijdwaarde van geld;
- Geldstromen na de terugverdienperiode worden buitenbeschouwing gelaten;
- De duur van de gekozen maximale terugverdienperiode is vaak arbitrair

Terugverdienperiode op basis van contante waarde

Voordeel:

- De methode houdt rekening met de tijdwaarde van geld;

Nadelen:

- Geldstromen na de terugverdienperiode worden buitenbeschouwing gelaten;
- De duur van de gekozen maximale terugverdienperiode is vaak arbitrair

Reële optie analyse

Voordelen:

- De methode houdt rekening met de tijdwaarde van geld;
- Rekenkundig superieur aan andere methodes, door de mogelijkheid flexibiliteit te waarderen.

Nadelen:

- Wordt gezien als tamelijk complexe methode;
- Uitvoeren van analyse is tijdrovend, zeker voor onervaren gebruiker.

4 Onderzoeksmethode en casebeschrijving

4.1 Onderzoeksmethode

Als onderzoeksvorm voor dit afstudeerproject is gekozen voor een enkelvoudige case study. Dul en Hak (2006) de case study als volgt: *‘Een case study is een studie waarin (a) een enkele geval (single case study) of een kleine hoeveelheid gevallen (comparative case study) in hun real-life context geselecteerd worden en (b) scores verkregen van deze gevallen op kwalitatieve wijze geanalyseerd worden’*. Met ‘op kwalitatieve wijze geanalyseerd’ bedoelen Dul en Hak dat de uitkomsten/scores van de case ‘visueel geïnspecteerd’ en besproken worden. Dit in tegenstelling tot een statistische, kwantitatieve analyse van de uitkomsten van een survey.

4.2 Casebeschrijving

De case die uitgewerkt is binnen deze afstudeeropdracht is een fictieve case. Er is getracht het onderzoek zo realistisch mogelijk op te zetten door gebruik te maken van beschikbare marktdata. Indien data of andere informatie niet beschikbaar bleek, zijn er aannames gedaan. Deze aannames zijn gedaan in overleg met of getoetst aan experts binnen de baggerindustrie. Belangrijker dan de rekenkundige uitkomst van de case is het onderzoek naar de toepasbaarheid en gebruiksvriendelijkheid van de reële optie analyse methode ‘an sich’.

Binnen het onderzoek wordt de volgende fictieve case beschouwd:

Een aannemer heeft de mogelijkheid een eenjarig onderhoudscontract af te sluiten met een havenautoriteit en overweegt nu of hij een onderhoudszuiger zal aanschaffen of een multipurpose sleephopperzuiger. Het eerst genoemde werktuig is goedkoper maar enkel inzetbaar in het marktsegment onderhoudsbaggeren. Het tweede werktuig is duurder, maar heeft meer flexibiliteit. Zo kan deze bijvoorbeeld ook ingezet worden bij de aanleg van havens.

De aannemer is in contact met een scheepsbouwer die, op basis van de functionele eisen van de aannemer, een tweetal schepen heeft aangeboden het eerste schip is een onderhoudszuiger met een hopperinhoud van 4000m³. De verkoopprijs van dit schip bedraagt € 23.400.000. Het tweede schip dat aangeboden wordt is een multipurpose zuiger, de hopperinhoud is eveneens 4000m³. Van dit schip bedraagt de verkoopprijs € 28.580.000.

4.2.1 De schepen

In Tabel 4.1 zijn de belangrijkste eigenschappen te zien van beide schepen.

	4000 m ³ Onderhoudszuiger	4000 m ³ Multipurpose zuiger
Aanschaf	23.400.000 Euro	28.580.000 Euro
Prijsbasis	2015	2015
Lengte (L.o.a.)	80 m	81,7 m
Lengte (L.p.p.)	74,5 m	73,6 m
Breedte (B)	18,5 m	19,6 m
L.p.p. / B	4,03	3,76
Holte	6,5 m	7,2 m
Diepgang (baggerend)	6 m	6,5 m
Breedte/Diepgang	3,1	3,0
Geïnstalleerd vermogen	3750 kW	3698 kW
Blok coëfficiënt	0,9	0,9
Displacement (Displ)	7273 ton	8499 ton
Maximaal hoppervolume	4000 m ³	4000 m ³
Deadweight (DW)	5220 ton	6180 ton
Light Ship Weight (LSW)	2053 ton	2319 ton
Constructiegewicht	1950 ton	2203 ton
DWT/Displ	0,72	0,73
L*(B+H)	1862,5	1972,5
LSW/L*(B+H)	1,10	1,18
Vorraden	220 ton	220 ton
Max. lading hopper per cycle (zand + water)	5000 ton	5960 ton
Max. lading hopper per cycle (slib)	5000 ton	5000 ton
Zuigbuisdiameter	700 mm	800 mm
Maximale vaarsnelheid geladen schip	11 knopen	11 knopen
Maximale vaarsnelheid leeg schip	12 knopen	12,1 knopen
Aantal bemanningsleden	15 personen	15 personen

Tabel 4.1 Belangrijkste gegevens van de 4000m³ onderhoudszuiger en de 4000m³ multipurpose zuiger

Het multipurpose schip is ruim 22% duurder dan de onderhoudszuiger. Deze extra kosten kunnen, onder meer, worden toegeschreven aan de walpersinstallatie en het grotere constructiegewicht. De walpersinstallatie is, zoals beschreven in paragraaf 2.1, benodigd om het zand te lossen via de nozzle of de walpersinstallatie. Het kleinere geïnstalleerd vermogen bij de multipurpose zuiger lijkt op het eerste gezicht misschien onlogisch, maar kan verklaard worden door het diesel-elektrisch bedrijf. De hoofddiesels drijven naast de bagger- en de bosterpomp de hoofdgeneratoren. Deze generatoren wekken elektriciteit op die afhankelijk van de behoefte gebruikt kan worden voor de voortstuwing, de boegschroef en/of andere elektrische verbruikers. De baggerpomp wordt gebruikt voor het opzuigen van het te baggeren materiaal. De boosterpomp is noodzakelijk om de lading via de walpersleiding te lossen. Het hogere constructiegewicht komt voort uit het extra gewicht van de walpersinstallatie en het grotere gewenste draagvermogen (deadweight), hetgeen bereikt wordt middels grotere hoofdafmetingen. Dit grotere draagvermogen is gewenst in een segment anders dan het onderhoudsbaggeren, omdat de massa van 4000m³ zand groter is dan dat van 4000m³ slib.

4.2.2 De exploitatie – Marktsegment onderhoudsbaggeren

De aannemer is in onderhandeling met een havenautoriteit over een eenjarig contract voor onderhoudswerkzaamheden aan havens en vaarwegen. Om havens en vaarwegen op diepte te houden moet een hoeveelheid slib verwijderd worden. De totale hoeveelheid slib bedraagt 5,25 mln. m³ en de gemiddelde vaarafstand van het wingebied tot aan het dumpgebied bedraagt 7 zeemijlen. Per verwijderde kubieke meter slib is de havenautoriteit bereid €2,- te betalen.

Op basis van de business case en de technische specificaties van beide schepen zijn er exploitatieberekeningen uitgevoerd. De belangrijkste uitkomsten van deze berekeningen, staan weergegeven in Tabel 4.2 tot en met Tabel 4.7.

Tabel 4.2 laat de prestaties zien van beide schepen gedurende de eerste fase van de baggercyclus. Deze eerste fase betreft het leeg varen vanaf het dumpgebied naar het wingebied. Ondanks het lagere specifieke brandstofverbruik van de multipurpose zuiger ligt het absolute brandstofverbruik met 466kg ruim 3,5% hoger dan dat van de onderhoudszuiger. Een belangrijke oorzaak hiervan is het grotere constructiegewicht, hetgeen een grotere waterverplaatsing tot gevolg heeft.

Varend leeg (vanaf dumpgebied)	4000 m ³ Onderhoudszuiger	4000 m ³ Multipurpose zuiger
Maximale vaarsnelheid	12 Knopen	12.1
Correctiefactor snelheid	0.8	0.8
Gecorrigeerde snelheid	9.6 Knopen	9.68 knopen
Extra tijd voor versnellen en vertragen	10 Minuten	10 minuten
Duur	53.8 Minuten	53.4 minuten
Benodigd vermogen	2285 kW	2617 kW
Specifiek brandstofverbruik	220 g/kWh	200 g/kWh
Energieverbruik	2047 kWh	2329 kWh
Brandstofverbruik	0.450 Ton	0.466 ton

Tabel 4.2 Prestaties van beide schepen gedurende het leeg varen van het dumpgebied naar het wingebied

Tabel 4.3 laat de prestaties zien van beide schepen gedurende het baggeren van het slib. De multipurpose zuiger rond dit deel van de cyclus 5 minuten sneller af dan de onderhoudszuiger. Dit gegeven, in combinatie met het lagere specifieke brandstofverbruik, maakt dat het brandstofverbruik van de multipurpose zuiger, met 224 kg, 9,7% lager uitkomt dan dat van de onderhoudszuiger.

Beide schepen hebben bij het baggeren van slib een effectieve hopperinhoud van 62,5%. Dit betekent dat er per cyclus 3500 ton gebaggerd materiaal wordt meegenomen. Bij een dichtheid in situ, dit is de dichtheid die het materiaal heeft voordat het gebaggerd wordt, van 1,4 ton/m³ wordt er per cyclus dus 2500m³ verwijderd. Het overige deel van de lading bestaat uit water dat toegevoegd is tijdens het baggerproces.

Baggeren (<i>slib op 15m diepte</i>)	4000 m ³ Onderhoudszuiger	4000 m ³ Multipurpose zuiger
Laadtijd	35 minuten	30 minuten
Extra tijd (draaien etc.)	5 minuten	5 minuten
Duur	40 minuten	35 minuten
Benodigd vermogen	1690 kW	1920 kW
Specifiek brandstofverbruik	220 g/kWh	200 g/kWh
Energieverbruik	1126,7 kWh	1120 kWh
Brandstofverbruik	0,248 ton	0,224 ton
Dichtheid in situ	1,400 ton/m ³	1,400 ton/m ³
Effectieve hopperinhoud	62.5 %	62.5 %
Dichtheid hoppermengsel	1.250 ton/m ³	1.250 ton/m ³
Gebaggerd materiaal in hopper	3500 ton	3500 ton
Water in hopper	1500 ton	1500 ton
Effectieve hopperinhoud	2500 m ³ (in situ)	2500 m ³ (in situ)

Tabel 4.3 Prestaties van beide schepen gedurende het baggeren van slib

Vervolgens wordt er in geladen toestand gevaren naar het dumpgebied, de belangrijkste karakteristieken van deze fase zijn opgenomen in Tabel 4.3. In de case wordt er vanuit gegaan dat de gemiddelde afstand vanaf het wingebied 7 mijl bedraagt. Beide schepen hebben voor dit deel van de cyclus 58 minuten nodig, het brandstofverbruik van de multipurpose zuiger ligt bijna 5% hoger als dat van de onderhoudszuiger. Evenals bij het eerste deel van de cyclus is er gerekend met een correctiefactor van 0,8 ten opzichte van de maximale vaarsnelheid. Deze correctiefactor valt toe te schrijven aan bijvoorbeeld het anticiperen op overige scheepvaart en aangroei van het schip. Daarnaast is extra tijd gerekend voor het vertragen en versnellen.

Varen geladen (<i>naar dumpgebied</i>)	4000 m ³ Onderhoudszuiger	4000 m ³ Multipurpose zuiger
Maximale vaarsnelheid	11 knopen	11 knopen
Correctiefactor snelheid	0.8	0.8
Gecorrigeerde snelheid	8.8 knopen	8.8 knopen
Extra tijd voor versnellen en vertragen	10 minuten	10 minuten
Duur	58 minuten	58 minuten
Benodigd vermogen	2285 kW	2642 kW
Specifiek brandstofverbruik	220 g/kWh	200 g/kWh
Energieverbruik	2198 kWh	2542 kWh
Brandstofverbruik	0.484 ton	0.508 ton

Tabel 4.4 Prestaties van beide schepen gedurende het geladen varen van het wingebied naar het dumpgebied

Tijdens de laatste fase van de cyclus wordt het materiaal gedumpt in het door de opdrachtgever aangewezen dumpvak. De slib wordt gelost via de bodemdeuren van de schepen. De belangrijkste kenmerken van deze fase zijn opgenomen in Tabel 4.5.

Dumpen	4000 m ³ Onderhoudszuiger	4000 m ³ Multipurpose zuiger
Duur	10 minuten	10 minuten
Benodigd vermogen	1200 kW	1503 kW
Specifiek brandstofverbruik	220 g/kWh	200 g/kWh
Energieverbruik	200 kWh	251 kWh
Brandstofverbruik	0.044 ton	0.050 ton

Tabel 4.5 Het lossen van beide schepen in het dumpgebied

De multipurpose zuiger rond de cyclus af in 156 minuten en verbruikt 1,248 ton brandstof (Marine Diesel Olie). De onderhoudszuiger heeft hiervoor 161 minuten nodig en verbruikt in die tijd 1,226 ton brandstof (eveneens Marine Diesel Olie). Beide schepen hebben een productie van 2500 m³ (in situ) per cyclus. Bij een totale opdrachtgrootte van 5.250.000m³ en een inzet zoals als is opgenomen in Tabel 4.6, zal de onderhoudszuiger 42,1 week nodig hebben om de opdracht af te ronden en de multipurpose zuiger 40,7 weken.

	4000 m ³ Onderhoudszuiger	4000 m ³ Multipurpose zuiger
Werkdagen per week	7	7
Werkuren per dag	24	24
Efficiëntie tijdens werkuren	0,8	0,8
Effectieve werkuren	19,2	19.2
Effectieve werkuren per week	134,4	134.4
Te baggeren m ³	5.250.000	5.250.000
Duur cyclus in minuten	161	156
Productie per cyclus in m ³	2500	2500
Benodigde werkweken voor de uitvoer	42,1	40.7

Tabel 4.6 Aantal werkuren dat beide schepen nodig hebben om de 5.250.000m³ slib te verwerken

De aannemer gaat ervanuit dat het onderhoudsproject van 5.250.000m³ het enige project is dat gedurende het jaar wordt uitgevoerd. De overige weken zullen gebruikt worden voor onderhoud en reparatie. In de analyse van de case en de bij de berekening van de netto contante waarde beschouwt de aannemer een periode van 10 jaar. In Tabel 4.7 zijn de kosten per jaar opgenomen. De kosten voor onderhoud en reparatie worden geraamd op 5% van de nieuwwaarde. Voor het uitvoeren van het project verbruikt de onderhoudszuiger 2574 ton brandstof (MDO) met een kostprijs van €700 per ton, de multipurpose zuiger verbruikt 2621 ton MDO. De bemanning werkt met een verlofschema van 6 weken op 6 weken af er zijn dus 2 volledige bemanningen (15 man) nodig op jaarbasis. De gemiddelde kosten per bemanningslid bedraagt € 50.000 op jaarbasis. De overhead die gerekend wordt over het schip bedraagt 6% van de omzet. Het schip wordt verzekerd tegen een premie die gelijk is aan 1,2% van de nieuwwaarde. Het schip wordt over 10 jaar, lineair afgeschreven tot 40% van de aanschafwaarde. De inkomsten per jaar bedragen voor beide schepen € 10,5 mln.

Kosten per jaar [€]	4000 m ³ Onderhoudszuiger	4000 m ³ Multipurpose zuiger
Onderhoud en reparatie	1.170.000	1.429.000
Brandstof	1.802.015	1.834.869
Bemanning	1.500.000	1.500.000
Overhead	630.000	630.000
Verzekeringspremie	280.800	342.960
Afschrijving	1.415.010	1.728.247

Tabel 4.7 Kosten per jaar bij exploitatie beide schepen in het dumpgebied

De aannemer gebruikt dit project als, jaarlijks terugkerende, input voor de investeringsanalyse over een periode van 10 jaar. De multipurpose zuiger zou na afronding van het eenjarig contract echter ook ingezet kunnen worden in het marktsegment aanleg. Dit geldt niet voor de onderhoudszuiger, dit schip is alleen geschikt om in te zetten in het onderhoudssegment. Om een vergelijk te kunnen maken werkt de aannemer ook voor dit segment een fictieve, maar reëel geachte business case uit. Deze business case wordt beschreven in paragraaf 4.2.3.

4.2.3 De exploitatie - Marktsegment aanleg

In het marktsegment aanleg zal de sleepopperzuiger zand winnen op zee, binnen een door de opdrachtgever aangegeven vak, vervolgens aankoppelen op de drijvende leiding en de lading verpompen naar het stort, waar het zand door bulldozers wordt verdeeld over het door de opdrachtgever aangegeven gebied. Aansluitend vaart de sleepopperzuiger leeg terug naar het wingebied en begint de cyclus opnieuw. De kosten en vergoedingen voor het gebruik van het materieel op stort, de drijvende leiding en het werkbootje dat assisteert bij het aankoppelen op de drijvende leiding worden buiten beschouwing gelaten. Hiervoor is gekozen om de case niet onnodig complex te maken. De case is gebaseerd op een gemiddelde vaarafstand, enkele reis, van 8 zeemijl en een vergoeding voor de sleepopperzuiger van €4 per gebaggerde m³ zand. De case gaat uit een vergoeding per ontgraven kubieke meter. Dit volume zal, als gevolg van een verschil in dichtheid, afwijken van het volume dat de lading aanneemt op stort.

Varend leeg (<i>vanaf drijvende leiding</i>)	4000 m ³ Multipurpose zuiger
Maximale vaarsnelheid	12.1
Correctiefactor snelheid	0,8
Gecorrigeerde snelheid	9,68 knopen
Extra tijd voor versnellen en vertragen	10 minuten
Duur	59,6 minuten
Benodigd vermogen	2773 kW
Specifiek brandstofverbruik	200 g/kWh
Energieverbruik	2754 kWh
Brandstofverbruik	0.551 ton

Tabel 4.8 Multipurpose zuiger varend leeg vanaf drijvende leiding

Tabel 4.9 laat de prestatie zien van de multipurpose bij het baggeren van middelmatig zand, met een korrelgrootte van 0,2 tot 0,6 mm, op een diepte van 15m. Het gebaggerde materiaal, zand, heeft een

grotere dichtheid dan het slib uit de eerdere berekeningen. Waar bij het baggeren van slib de maximale lading beperkt werd door het hoppervolume, is nu het draagvermogen van het schip de beperkende factor.

Baggeren (zand op 15m diepte)	4000 m³ Multipurpose zuiger
Laadtijd	62 minuten
Extra tijd (draaien etc.)	5 minuten
Duur	67 minuten
Benodigd vermogen	2078 kW
Specifiek brandstofverbruik	200 g/kWh
Energieverbruik	2320,4 kWh
Brandstofverbruik	0,464 ton
Dichtheid in situ	1,950 ton/m ³
Effectieve hopperinhoud	85,0 %
Dichtheid hoppermengsel	1,810 ton/m ³
Gebaggerd materiaal in hopper	5465 ton
Water in hopper	495 ton
Effectieve hopperinhoud	2803 m ³ (in situ)

Tabel 4.9 Prestaties van de multipurpose zuiger bij het baggeren van middelmatig zand

Vervolgens wordt er geladen gevaren naar de drijvend leiding, waar de hopper aangekoppeld zal worden om de lading te lossen. Doordat de afstand 1 zeemijl langer is dan de gemiddelde afstand in het onderhoudsproject, neemt de vaartijd toe van 58 tot 65 minuten.

Varen geladen (naar drijvende leiding)	4000 m³ Multipurpose zuiger
Maximale vaarsnelheid	11 knopen
Correctiefactor snelheid	0,8
Gecorrigeerde snelheid	8,8 knopen
Extra tijd voor versnellen en vertragen	10 minuten
Duur	65 minuten
Benodigd vermogen	2789 kW
Specifiek brandstofverbruik	200 g/kWh
Energieverbruik	3000 kWh
Brandstofverbruik	0,600 ton

Tabel 4.10 Prestaties van de multipurpose zuiger gedurende het varen naar de drijvende leiding

Tijdens de laatste fase van de cyclus wordt het materiaal verpompt door de drijvende leiding. Middels jetwater nozzels in het beun wordt het zand in het beun vermengd met water. Het zand-water mengsel dat ontstaat wordt door de booster pomp verpompt door de drijvende leiding. De drijvende leiding is aangesloten op een landleiding die het mengsel op de gewenste plaatst, genaamd 'het stort', uit laat stromen. Daar bezinkt het zand en wordt water, dat gebruikt is als transportmedium, via stortkisten of stortpompen afgevoerd. Te zien is dat het lossen op deze manier aanzienlijk meer tijd kost dan het lossen via de bodemdeuren, zoals bij het slib het geval was. Nadat de lading is gelost zal de leiding nog enige tijd gespoeld worden met water om zo verstopping te

voorkomen. Verstopping kan optreden als het zand in de leiding bezinkt. Verder is te zien dat 3% van de lading achter blijft in het beun. De inkomsten die volgen uit het lossen van deze laatste kubieke meters wegen niet op tegen de kosten van het lossen van dit laatste deel van de lading. Als gevolg hiervan komt de productie per cyclus uit op 2718m³.

Walpersen		4000 m ³ Multipurpose zuiger
Manoeuvreren		10 minuten
Koppelen en ontkoppelen		25 minuten
Walpersen		51 minuten
Spoelen		2 minuten
Benodigd vermogen		1901 kW
Specifiek brandstofverbruik		200 g/kWh
Energieverbruik		2788 kWh
Brandstofverbruik		0,044 minuten
Achtergebleven in hopper na lossen		3 %
Productie per cyclus		2718 m ³ (in situ)

Tabel 4.11 Het lossen van de multipurpose zuiger via de drijvende leiding

De multipurpose zuiger rond deze cyclus af in 279 minuten en verbruikt 2,142 ton brandstof (Marine Diesel Olie). De productie per cyclus bedraagt 2718 m³ (in situ). Bij een totale opdrachtgrootte van 3,300,000m³ en een inzet zoals als is opgenomen in Tabel 4.12 zal de multipurpose zuiger 42,1 weken nodig hebben om de opdracht af te ronden.

		4000 m ³ Multipurpose zuiger
Werkdagen per week		7
Werkuren per dag		24
Efficiëntie tijdens werkuren		0,8
Effectieve werkuren		19,2
Effectieve werkuren per week		134,4
Te baggeren m ³		3.300.000
Duur cyclus in minuten		279
Productie per cyclus in m ³		2718
Benodigde werkweken voor de uitvoer		42,1

Tabel 4.12 Aantal werkweken dat de multipurpose zuiger nodig heeft om 3.300.000m³ zand te winnen

De aannemer gaat er ook nu vanuit dat het project van 3,300,000m³ het enige project is dat gedurende het jaar wordt uitgevoerd. De overige weken zullen gebruikt worden voor onderhoud en reparatie. In de analyse beschouwt de aannemer opnieuw een periode van 10 jaar. In Tabel 4.13 zijn de kosten per jaar opgenomen. De kosten voor onderhoud en reparatie (O&R) worden, voor de eerste 10 jaar, geraamd op 7% van de nieuwwaarde. Dit is 40% hoger dan waarmee gerekend is bij het baggeren van slib, hetgeen verklaard kan worden door het feit dat het verpompen van zand aanzienlijk meer slijtage tot gevolg heeft, dan het verpompen van slib. Voor het uitvoeren van het project verbruikt de multipurpose zuiger 2600 ton brandstof (MDO) met een kostprijs van €700 per ton. De bemanning werkt met een verlofschema van 6 weken op 6 weken af er zijn dus 2 volledige

bemanningen (15 man) nodig op jaarbasis. De gemiddelde kosten per bemanningslid bedraagt € 50.000 per jaar. De overhead die gerekend wordt over het schip bedraagt 6% van de omzet. Het schip wordt verzekerd tegen een premie die gelijk is aan 1,2% van de nieuwwaarde. Het schip wordt over een periode van 10 jaar, lineair afgeschreven tot 40% van de aanschafwaarde. De inkomsten per jaar bedragen € 13,2 mln.

Kosten per jaar [€]	4000 m3 Multipurpose zuiger
Onderhoud en reparatie	2.000.600
Brandstof	1.81.769
Bemanning	1.500.000
Overhead	792.000
Verzekeringspremie	342.960
Afschrijving	1.714.800

Tabel 4.13 Kosten per jaar bij exploitatie in het onderhoudssegment

5 Onderzoeksresultaten

5.1 Investeringsanalyse met standaard NCW berekening

De aannemer kiest ervoor beide schepen volledig met eigen vermogen te financieren. Op de investering wenst hij minimaal een rendement (keu) behalen van 12%. Dit heeft hij bepaald middels de in paragraaf 3.2.3 beschreven build-up methode. De risicovrije rentevoet is gesteld op 1%; de rente op 10 jarige Duitse staatsobligaties bedraagt op het moment van analyse 0,6% hetgeen hij naar boven afrond. Als marktpremie voor vreemd vermogen rekent hij met 6% en voor het bedrijfsspecifieke risico rekent hij met 5%. De kostenvoet eigen vermogen komt hiermee, na vermenigvuldiging van de drie componenten op 11,87%, hetgeen afgerond wordt op 12%. Er wordt gerekend met reële verwachte kasstromen en een reële kostenvoet, hetgeen betekent dat voor beide zaken de inflatie buiten beschouwing gelaten wordt.

Voor beide typen schepen geldt een bouwtijd van 20 maanden. De betaling aan de werf gebeurt volgens het betalingsschema in Tabel 5.1, waarbij T0 de opleverdatum van de schepen en tevens de start van de exploitatie is.

Mijlpaal	Aantal maanden voor T0	Betaling [% van contractsom]
Tekenen contract	20	20
Branden eerste plaat	13	20
Kielleggen	10	20
Tewaterlating	4	20
Oplevering	0	20

Tabel 5.1 Betalingstermijnen gedurende bouw van schip

Het schip wordt besteld bij een gerenommeerde werf en de betalingstermijnen worden gedekt door bankgaranties. Dit is de reden dat de aannemer ervoor kiest de betalingen te verrekenen naar T0 tegen de risicovrije rentevoet. Na verrekening hiervan bedraagt de investering (T0) van de onderhoudszuiger € 23.583.497 en van de multipurpose zuiger € 28.804.117.

De risicovrije rentevoet wordt ook gebruikt voor het contant maken van de vrije geldstromen die volgen uit het onderhoudscontract voor het eerste jaar. Dit contract zal getekend worden op het moment dat de sleepopper besteld wordt en ook hier zijn betalingsgaranties in opgenomen. De verwachte geldstromen over de overige 9 jaar van exploitatie worden contant gemaakt tegen de keu.

Bij de analyse wordt ervan uitgegaan dat zowel de kosten en de baten aan het einde van elk jaar gemaakt en ontvangen worden.

De contante waardes van de geldstromen van de onderhoudszuiger bij inzet in onderhoudssegment zijn te zien in Tabel 5.2. De verwachte vrije geldstromen worden bepaald door de afschrijving op te tellen bij het netto operationeel resultaat. Aan het einde van het tiende jaar ontvangt de aannemer door verkoop van het schip tevens 40% van de nieuwwaarde.

(* € 1000)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Omzet		10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500
Kosten											
O&R		1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170
Brandstof		1802	1802	1802	1802	1802	1802	1802	1802	1802	1802
Bemanning		1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Verzekering		281	281	281	281	281	281	281	281	281	281
Overhead		630	630	630	630	630	630	630	630	630	630
Afschrijving		1415	1415	1415	1415	1415	1415	1415	1415	1415	1415
Totaal		6798	6798	6798	6798	6798	6798	6798	6798	6798	6798
WvRB		3702	3702	3702	3702	3702	3702	3702	3702	3702	3702
Belasting		926	926	926	926	926	926	926	926	926	926
NOR		2777	2777	2777	2777	2777	2777	2777	2777	2777	2777
Afschrijving		1415	1415	1415	1415	1415	1415	1415	1415	1415	1415
Investerings		0	0	0	0	0	0	0	0	0	-9433
Mutatie NWK		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geldstromen		4192	4192	4192	4192	4192	4192	4192	4192	4192	13625
CW op T ₀		4150	3342	2984	2664	2378	2124	1896	1693	1512	4387
Som CW's op T ₀	27129										

Tabel 5.2 Contante waarde van toekomstige kasstromen onderhoudszuiger in het onderhoudssegment

De netto contante waarde (op T₀) kan berekend worden door de investering op T₀ af te trekken van de contante waarde van de verwachte geldstromen. De netto contante waarde bedraagt: € 27.128.613 - € 23.583.497 = € 3.545.117. De NCW heeft positieve waarde hetgeen betekent dat bij deze verwachte kasstromen het rendement op de investering groter is dan gewenste rendement van 12%.

De contante waardes van de geldstromen van de multipurpose zuiger bij inzet in onderhoudssegment zijn opgenomen in Tabel 5.3. Met uitzondering van het 10^e jaar zien we kleinere verwachte geldstromen dan bij de onderhoudszuiger. De netto contante waarde bedraagt: € 26.725.042 - € 28.804.117 = -€ 2.079.075. De negatieve uitkomst betekent dat het gewenste rendement van 12% in dit geval niet wordt behaald.

(* € 1000)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Omzet	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500
<u>Kosten</u>											
O&R	1429	1429	1429	1429	1429	1429	1429	1429	1429	1429	1429
Brandstof	1835	1835	1835	1835	1835	1835	1835	1835	1835	1835	1835
Bemanning	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Verzekering	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343
Overhead	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630	630
Afschrijving	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728
Totaal	7465	8184	8184	8184	8184	8184	8184	8184	8184	8184	8184
WvRB	3035	3035	3035	3035	3035	3035	3035	3035	3035	3035	3035
Belasting	759	759	759	759	759	759	759	759	759	759	759
NOR	2276	2276	2276	2276	2276	2276	2276	2276	2276	2276	2276
Afschrijving	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728
Investering	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-11522
Mutatie NWK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geldstromen	4004	4004	4004	4004	4004	4004	4004	4004	4004	4004	15526
CW op T ₀	3965	3192	2850	2545	2272	2029	1811	1617	1444	1444	4999
Som CW's op T ₀	26725										

Tabel 5.3 Contante waarde van toekomstige kasstromen multipurpose zuiger in het onderhoudssegment

In het derde scenario dat geanalyseerd wordt, wordt wederom de multipurpose zuiger ingezet. Gedurende het eerste jaar zal dit zijn in het onderhoudssegment, conform het contract met de havenautoriteit. Gedurende de daaropvolgende negen jaren wordt het schip ingezet in het marksegment aanleg. De contante waardes van de verwachte geldstromen van dit scenario zijn te zien in Tabel 5.4.

(* € 1000)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Omzet	10500	13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200	13200
Kosten											
O&R	1429	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001
Brandstof	1835	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820
Bemanning	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Verzekering	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343	343
Overhead	630	792	792	792	792	792	792	792	792	792	792
Afschrijving	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728
Totaal	7465	8184	8184	8184	8184	8184	8184	8184	8184	8184	8184
WvRB	3035	5016	5016	5016	5016	5016	5016	5016	5016	5016	5016
Belasting	759	1254	1254	1254	1254	1254	1254	1254	1254	1254	1254
NOR	2276	3762	3762	3762	3762	3762	3762	3762	3762	3762	3762
Afschrijving	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728
Investerings	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-11522
Mutatie NWK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geldstromen	4004	5491	5491	5491	5491	5491	5491	5491	5491	5491	17012
CW op T ₀	3965	4377	3908	3489	3115	2782	2484	2218	1980	5477	
Som CW's op T ₀	33795										

Tabel 5.4 Contante waarde van toekomstige kasstromen multipurpose zuiger in het aanlegsegment

De netto contante waarde bedraagt € 33.795.082 – € 28.804.117 = € 4.990.965. Ook in dit scenario dus een rendement dat hoger ligt dan de gewenste 12%.

Bij alle drie de analyses dient te worden opgemerkt dat er gerekend wordt met statische scenario's, de kasstromen worden constant verondersteld. In de volgende paragraaf wordt de netto contante waarde nogmaals bepaald, maar nu wordt er gerekend met volatiliteit binnen de marktsegmenten.

5.2 NCW met volatiliteit

De aannemer realiseert zich dat de marktsegmenten niet horizontaal zullen ontwikkelen, maar dat er sprake zal zijn een zekere mate van volatiliteit. Hij beschikt echter niet over historische data over de prijs ontwikkeling per kubieke meter per segment. Het is ook maar de vraag wat de waarde van deze data is, omdat er geen garantie is dat de volatiliteit uit het verleden van toepassing zal zijn op toekomstige kasstromen. Wat wel openbaar is, zijn de omzetten per segment, opgenomen zijn in Figuur 2.3. De volatiliteit van de Europese omzetten in het segment onderhoudsbaggeren over de periode 2005-2013 blijkt 0,230 te zijn. De volatiliteit van de Europese omzet van het segment aanleg is, over dezelfde periode, maar een fractie groter, namelijk 0,231. Ook nu geldt weer dat het niet bekend is wat de correlatie is tussen de volatiliteit van omzetten uit het verleden en die van toekomstige kasstromen. De aannemer overlegt met enkele experts uit de markt en gezamenlijk komen ze tot de conclusie dat het aannemelijk is dat de ontwikkeling van de vergoeding per kubieke meter en daarmee van de kasstromen in het segment aanleg volatieler zal zijn dan die in het marktsegment onderhoudsbaggeren. Belangrijkste argument hiervoor is dat onderhoud op een zeker moment noodzakelijk is om de havens bereikbaar te houden. Een tweede aanname is dat de kans op de verschillende mogelijkheden van de prijsontwikkeling normaal verdeeld is.

De aannemer stelt dat er 90% kans is dat, in het onderhoudssegment, de markt een prijs per m³ zal willen betalen van €2,20 of minder. De verwachte geldstroom van de onderhoudszuiger zal in het geval van een kubieke meter prijs van €2,20 toenemen tot ruim € 4,9 mln., hierbij wordt er vanuit gegaan dat alleen de overhead mee zal stijgen met de toegenomen omzet. De overige kostenposten worden constant verondersteld. Onder dezelfde voorwaarden stijgt de verwachte geldstroom van de multipurpose zuiger tot ruim 4,7 mln. in het onderhoudssegment. Voor het aanlegsegment stel de aannemer dat met 90% waarschijnlijkheid de prijs per m³ niet boven € 4,80 uit zal komen. Bij deze kubieke meter prijs nemen de verwachte kasstromen toe tot ruim €7,0 mln..

Vervolgens wordt de volatiliteit van de kasstromen bepaald met Vergelijking 5., ontleend aan Mun (2006). De 'base case' kasstromen die worden verwacht bij een m³ prijs van respectievelijk €2,- en €4,- worden gezien als de gemiddelde waarden. De volatiliteit van de kasstromen van de onderhoudszuiger wordt als volgt berekend:

$$\text{Volatiliteit} = \frac{\text{Percentile waarde} - \text{Gemiddelde}}{\text{Inverse van percentile} * \text{Gemiddelde}} \quad \text{Vergelijking 5.1}$$

Voor de onderhoudszuiger wordt de volatiliteit als volgt berekend:

$$\text{Volatiliteit} = \frac{4.932 - 4.192}{\text{Inverse}(0,9) * 4.192} = \frac{4.932 - 4.192}{1,2815 * 4.192} = 0,138$$

Op vergelijkbare wijze wordt voor de multipurpose zuiger in het onderhoudssegment een volatiliteit van verwachte kasstromen gevonden van 0,144. In het marksegment aanleg wordt een volatiliteit van 0,217 gevonden.

De volgende stap is het opstellen van een spreadsheet met de binominale bomen, in lijn met paragraaf 3.10.5. De grootte van de up en down stappen in elke knooppunt worden berekend uit de volatiliteit. Voor de onderhoudszuiger worden de verwachte contante kasstromen contact gemaakt tegen de keu. Voor de multipurpose zuiger worden de verwachte toekomstige kasstromen berekend middels de replicating portfolio techniek. De gegevens die zijn ingevoerd in de bomen en de uitkomsten staan weergegeven in Tabel 5.5. De bomen zelf zijn opgenomen in bijlage I.

Scheepstype <i>Marktsegment</i>	Onderhouds- zuiger <i>onderhoud</i>	Multipurpose- zuiger <i>onderhoud</i>	Multipurpose- zuiger <i>aanleg</i>
Volatiliteit verwachte kasstromen	0,138	0,144	0,217
T (periode in jaren)	1	1	1
N (stapjes per periode)	1	1	1
Up ($e^{(\sigma\sqrt{T/N})}$)	1,148	1,155	1,242
Down (1/up)	0,871	0,866	0,805
Keu	0,12	1)	1)
Rf	0,01	0,01	0,01
Objectieve waarschijnlijkheid	0,5	0,5	0,5
Investering	23.583,5	28.804,1	28.804,1
Restwaarde (%)	0,4	0,4	0,4
Restwaarde (* € 1000)	9.433,4	11.521,6	11.521,6
Vrije geldstroom jaar 1 (* € 1000)	4.191,6	4.004,4	4.004,4
Vrije geldstroom jaar 2 t/m 9 (* € 1000) ²⁾	4.191,6	4.004,4	5.490,6
Vrije geldstroom jaar 10 (* € 1000) ³⁾	13.625,0	4.004,4	5.490,6
Contante waarde (* € 1000) ⁴⁾	27.954,5	28.372,6	29.425,2
Netto contante waarde (* € 1000) ⁴⁾	4.371,0	-431,5	621,1

Tabel 5.5 Berekening van NCW (zonder flexibiliteit) in marktsegmenten met volatiliteit

- 1) De verwachte geldstromen worden contant gemaakt middels replicating portfolio techniek
- 2) Het betreft hier de basiswaarde van de verwachte vrije geldstromen die vermenigvuldigd wordt met de up en/of down factor, afhankelijk van de plaats in de boom, tot de macht die van toepassing is voor het betreffende jaar.
- 3) Het betreft hier de basiswaarde die vermenigvuldigd wordt met de up of down factor, afhankelijk van de plaats in de boom, tot de macht die van toepassing is voor het betreffende jaar. Hierbij wordt opgeteld wordt de restwaarde van de sleephopperzuiger.
- 4) Het betreft hier de waarde in een markt met volatiliteit, maar exclusief de waarde van flexibiliteit.

De netto contante waarde van de onderhoudszuiger in het onderhoudssegment neemt als gevolg van de volatiliteit toe tot € 4.370.981 en de netto contante waarde van de multipurpose zuiger neemt toe tot -€ 431.537. De netto contante waarde van de multipurpose zuiger neemt af tot € 621.050. De afname van de NCW ontstaat ondanks dat het gewogen gemiddelde van de verwachte geldstroom groter is dan bij de statische NCW berekening uit paragraaf 5.1. Dit kan verklaard worden doordat, als gevolg van de grotere volatiliteit, de verwachte geldstromen tegen een grotere keu. De hoogte van de keu verschilt per knooppunt en wordt niet apart berekend, maar volgt uit het gebruik van de replicating portfolio techniek.

5.3 Expanded NCW

In paragraaf 5.2 is al wel de invloed van de volatiliteit op de NCW berekend, maar nog niet de waarde van de flexibiliteit van de multipurpose zuiger bepaald. Deze berekening zal nu uitgevoerd worden, in lijn met het rekenvoorbeeld uit paragraaf 3.10.5. Hiertoe zijn twee extra bomen opgesteld, zie bijlage I. De eerste boom beschouwt voor elke vertakking of het financieel aantrekkelijk zou zijn

over te stappen naar het onderhoudssegment indien het vaartuig gedurende de voorliggende periode werkzaam was in het aanlegsegment. Hierbij moet opgemerkt worden dat dit beschouwd wordt vanaf het tweede jaar. Gedurende het eerste jaar zal het schip, conform de overeenkomst met de havenautoriteit, ingezet worden in het onderhoudssegment. De tweede boom beschouwt voor elke vertakking of het financieel aantrekkelijk zou zijn over te stappen naar het aanlegsegment indien het vaartuig gedurende de voorliggende periode werkzaam was in het onderhoudssegment. Met het overstappen zullen kosten gemoeid zijn. Zo zal voor het overstappen van het onderhoudssegment naar het aanlegsegment de walpersinstallatie operationeel gemaakt moeten worden, leidingen en afsluiters geïnspecteerd moeten worden en zal de installatie getest moeten worden. Kosten hiervoor worden geraamd op € 100.000. Dit bedrag wordt gezien als de kosten voor het overstappen, de 'switching cost', van onderhoud naar aanleg. Indien er overgestapt wordt van het aanlegsegment naar het onderhoudssegment zal het deel van de installatie dat niet gebruik gaat worden, geconserveerd moeten worden. De kosten hiervoor bedragen € 50.000, de 'switching cost' van aanleg naar onderhoud.

De contante waarde van de verwachte geldstromen bij flexibele inzet komend vanuit het onderhoudssegment bedraagt: €30.311.922. De bijbehorende netto contante waarde bedraagt €1.506.805.

De contante waarde van de verwachte geldstromen bij flexibele inzet komend vanuit het aanlegsegment, vanaf het 2^e jaar, bedraagt: €30.399.323. De bijbehorende netto contante waarde bedraagt €1.595.206.

Dit betekent dat:

$$NCW_{\text{aanleg met flexibiliteit}} > NCW_{\text{onderhoud met flexibiliteit}} > NCW_{\text{aanleg statisch}} > NCW_{\text{onderhoud statisch}}$$

In euro's (*1000) ziet dit er als volgt uit:

$$1.595,2 > 1.506,8 > 621,1 > -431,5$$

Indien we NCW beschouwen binnen c.q. komend vanuit het aanlegsegment vinden we een toename van de NCW ten gevolge van de flexibiliteit:

$$NCW_{\text{aanleg met flexibel}} - NCW_{\text{aanleg statisch}} = 1.595,2 - 621,5 = 974,2 (* € 1000)$$

Indien we NCW beschouwen binnen c.q. komend vanuit het onderhoudssegment vinden we een toename van de NCW ten gevolge van de flexibiliteit:

$$NCW_{\text{onderhoud met flexibel}} - NCW_{\text{onderhoud statisch}} = 1.506,8 - -431,5 = 1.938,3 (* € 1000)$$

Hoewel gesteld kan worden dat de invloed van de waarde van de flexibiliteit significant is. Geldt onder de gekozen input statische inzet van de onderhoudszuiger in het onderhoudssegment met € 4,37 mln. de grootste NCW geeft. In welke mate de hoogte enkele input parameters van invloed zijn op de uitkomst van de berekeningen zal beschouwd in de volgende paragraaf, de gevoeligheidsanalyse.

5.4 Gevoeligheidsanalyse

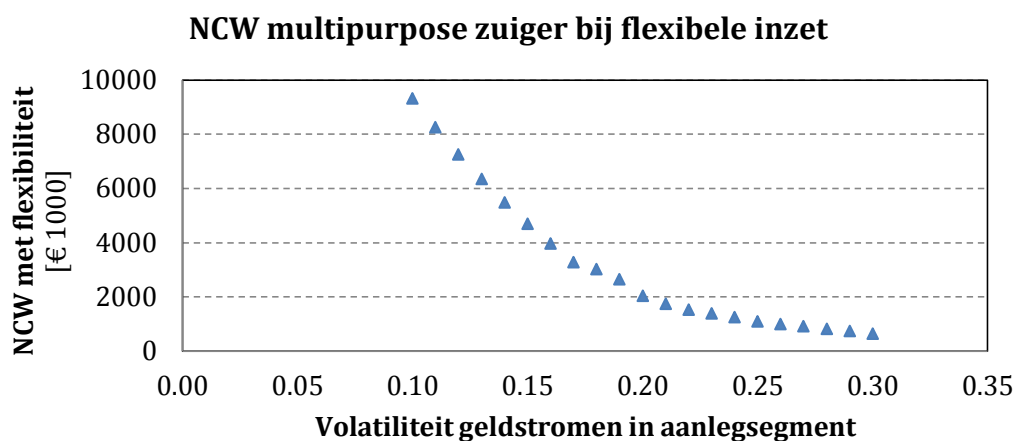
5.4.1 Volatiliteit kasstromen marktsegment onderhoud

De volatiliteit van de kasstromen van de multipurpose zuiger in het aanlegsegment is berekend op 0,2166. De invloed van deze grootte op de uitkomst van de netto contante waarde met flexibiliteit is onderzocht. De overige parameters worden constant verondersteld.

Volatiliteit verwachte geldstromen in het aanlegsegment	NCW Multipurpose hopper met flexibiliteit (* € 1000)
0,10	9304,0
0,11	8235,0
0,12	7245,7
0,13	6329,0
0,14	5478,4
0,15	4688,2
0,16	3953,1
0,17	3268,3
0,18	3004,0
0,19	2645,0
0,20	2031,2
0,21	1737,3
0,22	1525,5
0,23	1377,4
0,24	1233,3
0,25	1081,0
0,26	990,7
0,27	901,1
0,28	812,7
0,29	725,6
0,30	640,3

Tabel 5.6 Gevoeligheidsanalyse invloed volatiliteit aanlegsegment

Te zien is in Tabel 5.6 dat bij een volatiliteit die ligt tussen 0,15 en 0,16 de NCW van de multipurpose zuiger groter wordt dan de NCW van de onderhoudszuiger. Een grafische weergave van de invloed van de volatiliteit op de NCW is te zien in Figuur 5.1.



Figuur 5.1 Grafische weergave invloed volatiliteit kasstromen aanlegsegment op NCW met flexibiliteit

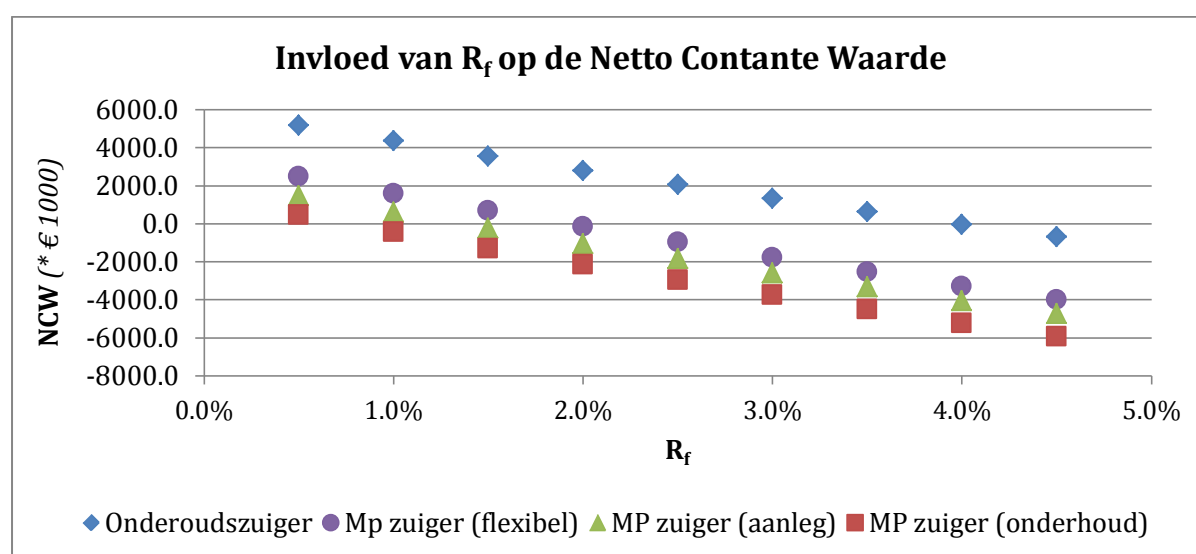
Deze uitkomst lijkt op het eerste gezicht strijdig te zijn met de eerdere stelling dat de waarde van flexibiliteit toeneemt naarmate de volatiliteit toeneemt. Binnen deze gevoeligheidsanalyse wordt slechts gevarieerd wordt met de volatiliteit van het marksegment aanleg. De volatiliteit van het onderhoudssegment wordt constant verondersteld. Hierdoor neemt het risico en daarmee de kostenvoet eigen vermogen, die volgt uit de replicating portfolio techniek, toe binnen het aanlegsegment en de NCW af. De scenarioanalyse die uitgevoerd wordt in paragraaf 5.4.4 laat zien dat indien de volatiliteit van beide segmenten toeneemt, het schip met flexibiliteit de hoogste expanded NCW heeft en daarmee de beste renderende investering is.

5.4.2 Risicovrije rentevoet

De risicovrije rentevoet waarmee gerekend is in de case is, 1%, is historisch gezien laag. Deze grootte is van invloed op de keu en wordt daarnaast gebruikt binnen de replicating portfolio techniek. De invloed van de hoogte van de risicovrije rentevoet staat weergegeven in Tabel 5.7. en Figuur 5.2. Te zien is dat bij een risicovrije rentevoet van iets minde dan 4% de NCW van de onderhoudsruiger negatief wordt. De verschillende lijnen in grafiek kruisen elkaar niet, hetgeen betekent dat de keuze van de risicovrije rente relatief gezien geen invloed heeft op onderlinge score van de NCW.

R _f	Keu	NCW (* € 1000)			
		Onderhouds- zuiger	MP zuiger (onderhoud)	MP zuiger (aanleg)	MP zuiger (flexibel)
0,5%	11,4%	5.194,7	471,5	1.493,7	2.508,9
1,0%	12,0%	4.371,5	-431,5	621,1	1.595,2
1,5%	12,6%	3.576,0	-1.302,2	-221,5	713,2
2,0%	13,1%	2.807,9	-2.142,1	-1.035,6	-138,7
2,5%	13,7%	2.065,9	-2.952,9	-1.822,5	-962,0
3,0%	14,2%	1.347,6	-3.735,8	-2.583,6	-1.758,0
3,5%	14,8%	654,0	-4.492,3	-3.320,1	-2.527,9
4,0%	15,3%	-17,1	-5.223,7	-4.033,3	-3.273,1
4,5%	15,9%	-667,7	-5.931,2	-4.724,2	-3.994,8

Tabel 5.7 Berekening van NCW (met flexibiliteit) bij verschillende risicovrije rentevoeten



Figuur 5.2 Invloed van risicovrije rentevoet op NCW(met flexibiliteit)

5.4.3 Stilliggen onderhoudszuiger gedurende 1 jaar

De aannemer realiseert zich dat de kans dat de onderhoudszuiger stil komt te liggen, als gevolg van een daling in de vraag, groter is dan de kans dat de multipurpose zuiger stil komt te liggen. Het laatst genoemde vaartuig heeft immers meerde segmenten waarbinnen ze ingezet kan worden. Om te onderzoeken hoe groot de impact is van 1 jaar stilliggen op de NCW is een rekenmodel opgezet. Hierbij is er rekening gehouden dat een deel van de kosten doorloopt. Zo zullen afschrijving, verzekering en de kosten voor een beperkt deel van de bemanning doorlopen. Brandstofkosten en onderhoudskosten daarentegen zullen zeer beperkt zijn. De uitkomsten van de analyse zijn opgenomen in Tabel 5.8. In de verschillende kolommen wordt er gevarieerd met het jaar van stilliggen. Het eerste jaar is buiten beschouwing gelaten, omdat dit gedekt wordt door het contract met de havenautoriteit, met betalingsgaranties. Te zien is dat de invloed van het jaar stilliggen naarmate het later valt in de exploitatie periode, hetgeen verklaard kan worden door de tijdwaarde van geld. De eerste regel met netto contante waardes gaat uit van compensabele verliezen. Hiervan is sprake als verliezen over een jaar, fiscaal gezien, afgetrokken mogen worden van de winst in het daarop volgende jaar of de daarop volgende jaren. In de tweede regel is de NCW te zien indien verliezen niet compensabel zijn.

	NCW bij stilliggen in jaar								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NCW met compensabele verliezen	-1144	-641	-193	208	565	884	1170	1424	1651
NCW zonder compensabele verliezen	-1531	-987	-502	-68	319	665	973	1249	1495

Tabel 5.8 Netto contante waarde bij stilliggen gedurende 1 jaar op verschillende tijdstippen

In dit geval blijkt dat alleen indien het schip in het laatste jaar van exploitatie (jaar 10) stil komt te liggen en indien er sprake is van compensabele verliezen de NCW van de onderhoudszuiger hoger is dan die van de multipurpose zuiger met flexibiliteit. Bij stilliggen gedurende een ander jaar of bij beschouwing zonder compensabele verliezen, is de NCW van de multipurpose zuiger met flexibiliteit hoger.

5.4.4 Waarde van flexibiliteit bij grotere volatiliteit

De volgende berekening is eigenlijk geen gevoeligheidsanalyse, maar een scenarioanalyse. Dit komt omdat er gevarieerd wordt met meerdere variabelen tegelijkertijd. De volatiliteit van de geldstromen van onderhoudszuiger wordt gesteld op 0,250 van de multipurpose zuiger in het onderhoudssegment op 0,265 en de volatiliteit van de geldstromen van de multipurpose zuiger in het aanlegsegment op 0,300. Bij deze groter volatiliteit stijgt de NCW van de onderhoudszuiger, bij een Keu van 12%, tot € 7,22 mln. de NCW van de onderhoudszuiger met flexibiliteit neemt toe tot maar liefst € 8,10 mln. In dit scenario is de waarde van flexibiliteit

$$NCW_{\text{aanleg met flexibel}} - NCW_{\text{aanleg statisch}} = 8.101,2 - 621,5 = 7.480,1 (* \text{ € } 1000)$$

Meer nog dan dat de absolute uitkomst zijn er 2 zaken relevant. Ten eerste de uitkomst ligt in lijn met de stelling dat de waarde van flexibiliteit toeneemt naarmate de volatiliteit toeneemt. En ten tweede de uitkomst en mogelijk ook de beslissing die op basis van deze uitkomst genomen wordt, wordt in belangrijke mate beïnvloed door de aannames die voorafgaand aan de analyse gedaan worden. Het maken van dit laatste punt lijkt misschien het spreekwoordelijke 'intrappen van een open deur', maar het benadrukt nogmaals het belang van het hebben van een gedegen onderbouwde visie op toekomstige ontwikkeling.

5.5 Flexibiliteit in ontwerp

De multipurpose zuiger uit de case studie onderscheidt zich van de onderhoudszuiger door onder meer een groter draagvermogen en de walpersinstallatie. Dit zijn slechts enkele voorbeelden van flexibiliteit die in de ontwerpfase kan worden gecreëerd. Ontwerpers kunnen ook inspelen op toekomstige modificaties. Zo kiezen aannemers ervoor om tijdens de looptijd de zuigbuis te verlengen, om zodoende op grotere diepte zand te kunnen winnen. In de ontwerpfase kan hierop worden ingespeeld door zwaardere lieren toe te passen die in toekomst in staat zijn een langere en zwaardere buis te lichten en het ontwerp geschikt te maken voor het opnieuw positioneren van lieren en fundaties. Een andere modificatie die met enige regelmaat voorkomt is de verlenging van het schip, om zo te komen tot een grotere beuninhoud en draagvermogen. Ook hiervoor geldt dat in de ontwerpfase rekening gehouden kan worden. De gewenste flexibiliteit ten aanzien van verlenging zal van invloed kunnen zijn op gekozen afmetingen en diktes van plaatvelden en frames en mogelijk ook op het gekozen voortstuwingsvermogen en schroefgrootte.

Een andere categorie is het creëren van flexibiliteit ten aanzien van de continu wijzigende regelgeving. Voorbeelden hiervan zijn uitstooteisen en ballastwaterbehandelingssystemen. Vooruitlopend op strenger wordende emissie-eisen worden er dual fuel schepen ontworpen en gebouwd. Deze schepen zijn geschikt om te varen op zowel conventionele brandstoffen als MDO of HFO, maar zijn tevens geschikt om te varen op een brandstofmengsel met meer dan 90% LNG. Het overige percentage brandstof bestaat uit MDO. Deze brandstof wordt ingespoten om de ontbranding van het LNG-luchtmengsel te verzorgen. Het varen op dual fuel heeft een lagere CO₂, NO_x en roetuitstoot tot gevolg. Deze schepen kunnen in de toekomst ingezet worden in gebieden waar de uitstooteisen verder worden aangescherpt. Een andere mogelijkheid is het 'dual fuel ready' ontwerpen van de schepen. Hierbij worden de schepen niet geleverd met een complete LNG-installatie, maar wordt in het ontwerp rekening gehouden met plaatsing van een LNG-tank in de toekomst en wordt er gekozen voor motoren die geschikt zijn voor het draaien op LNG.

Een ander voorbeeld is de behandeling van ballastwater. Ongeladen schepen nemen vaak ballast in voorafgaande aan een grote reis om zo te komen tot betere vaareigenschappen. Aangekomen op de bestemming wordt het ballastwater overboord gepompt als er lading wordt ingenomen. Hierbij kan het voorkomen dat er met het ballastwater organismen meeverhuizen van plaats A naar B die op plaats B het ecosysteem verstoren. Om dit te voorkomen kan het ballastwater behandeld worden waarbij organismen worden gedood. Het benodigde behandelingssysteem is op dit moment nog niet verplicht, maar het is zeer waarschijnlijk dat dat in de nabije toekomst wel het geval wordt. Ook nu geldt dat in het ontwerp rekening gehouden kan worden met een eventuele toekomstige, kostenefficiënte modificatie.

De scheepsbouwer zal in staat zijn om de kosten en de verkoopprijs te bepalen van de verschillende opties die flexibiliteit creëren. De economische waarde van de flexibiliteit zal alleen door of in samenspraak met de potentiële klant kunnen worden bepaald. Economische waarde is per definitie subjectief, de grootte ervan is onder meer afhankelijk van de visie van het individu op de ontwikkelingen van de markt en haar segmenten. Op dat gebied is er geen objectieve absolute waarheid en het is daarmee goed mogelijk dat de visie van de aannemers onderling sterk verschillen. Zij zullen op basis van de visie komen tot een andere optimale mate van flexibiliteit binnen het ontwerp.

6 Conclusie

Dit onderzoek is erop gericht antwoord te vinden op de volgende centrale onderzoeksvraag:

Is het waarderen van reële opties een bruikbare en zinvolle aanvulling op de berekening van de netto contante waarde van investeringen in baggermaterieel?

De volgende deelvragen zijn opgesteld als hulpmiddel bij het beantwoorden van de centralen onderzoeksvraag:

Voor toepassing in welke domeinen wordt de reële optie analyse vooral geschikt geacht?

Hoe kan binnen het ontwerp van het gekozen materieel flexibiliteit gecreëerd worden voor de aannemer?

Welke waarde en welke prijs hebben de reële opties?

Op basis van het onderzoek dat is uitgevoerd kan gesteld worden dat het waarderen van reële opties een zinvolle en bruikbare aanvulling is op de berekening van de netto contante waarde van investeringen in baggermaterieel. Van de onderzochte analysemethodes is de ROA-methode die enige methode die in staat is gebleken flexibiliteit binnen bedrijfsvoering te waarderen. Met het opstellen van de binominale bomen worden verschillende scenario's geschetst, die zich voor zouden kunnen doen naarmate de tijd verstrijkt. Dit is een meeromvattend en realistisch alternatief voor het werken met een reël, pessimistisch en optimistisch scenario zoals vaak toegepast binnen de statische NCW methode. Het werken met scenario's bij statische NCW laten wel de gevolgen zien van positieve en negatieve marktontwikkelingen, maar gaan uit van passief management. Men mag echter verwachten dat het management niet passief is en dat zij de strategie en de inzet van het investeringsobject heroverweegt naarmate er nieuwe informatie beschikbaar komt en de onzekerheid afneemt met het verstrijken van de tijd. Investeringsobjecten met meer flexibiliteit hebben vaak een hogere aanschafprijs, met de roa-methode kan ook de toegevoegde waarde van deze flexibiliteit bepaald worden.

Om reële optie analyse succesvol toe te passen moet er ten eerste sprake zijn van één of meerdere vormen flexibiliteit binnen de bedrijfsvoering. Deze flexibiliteit wordt van grotere waarde indien er sprake is van grotere volatiliteit. Kosten die voortkomen met het uitoefenen van een optie tot overstappen, de switching costs, hebben een dempend effect op de hoogte van de netto contante waarde met flexibiliteit. Verder moet er sprake zijn van een investeringsbedrag van voldoende grootte, zodat de kosten van de tamelijk arbeidsintensieve analyse gerechtvaardigd worden.

In de ontwerpfase van een investeringsobject, in het geval van de uitgewerkte case een sleephopperzuiger, kan er flexibiliteit binnen bedrijfsvoering gecreëerd worden. Bijvoorbeeld door het werktuig geschikt te maken voor inzet in verschillende segmenten. Met de multipurpose zuiger uit de case krijgt de aannemer een werktuig aangeboden dat binnen de exploitatie meer flexibiliteit heeft dan een onderhoudszuiger. Deze flexibiliteit komt tegen een hogere aanschafprijs. Ook met het daadwerkelijk overstappen van het ene naar het andere segment zijn kosten gemoeid. De prijs van de technische aanpassingen zal door de bouwer van het object, in het geval van de case een scheepsbouwer, bepaald kunnen worden. De economische waarde van de flexibiliteit is per definitie subjectief en het is dan ook zinvol dat deze bepaald wordt door of in overleg met de eindgebruiker.

De berekening van de statische netto contante waarde laat de grootste NCW zien indien de multi purpose zuiger vanaf het tweede jaar ingezet wordt in het aanlegsegment. Bij het vergelijken van de drie scenario's wordt echter gerekend met een constante keu van 12%. De bepaling van de NCW, zonder flexibiliteit, in de marktsegmenten met verschillende volatiliteit laat een ander plaatje zien. Het verschil komt voort uit het gebruik van de replicating portfolio techniek middels de Marketed Asset Disclaimer. De replicating portfolio techniek zorgt ervoor dat de verschillende kasstromen in de binominale boom contant gemaakt wordt tegen een keu die past bij het risicoprofiel. De waarde van de flexibiliteit die vervolgens bepaald is, is in dit geval onvoldoende gebleken om de hogere aanschafwaarde te rechtvaardigen. Uit de gevoeligheidsanalyse is gebleken dat bij een ander gekozen volatiliteit deze uitkomst, en daarmee mogelijk de uiteindelijke beslissing, anders had kunnen zijn. De analyse van de volatiliteit per segment om te komen tot een gefundeerde toekomstverwachting is daarmee van groot belang.

Veel gehoorde kritiek op de ROA is dat deze complex en weinig intuïtief is; dit wordt vaak aangedragen als de reden waarom de methode nog niet zo veel wordt toegepast als de NCW-methode. De ervaring met het uitwerken van de case in dit rapport leert dat deze kritiek deels terecht is. De methode is complexer dan de berekening van de NCW en behoorlijk arbeidsintensief, maar de vraag is of dit een onoverkomelijke barrière is of moet zijn. Het uitwerken van een reële optie analyse is niet complexer dan het ontwerpen van een schip of het uitwerken van een tender voor een 'design and construct' opdracht voor de aanleg van een nieuwe haven. Mogelijk zullen er mensen met specifieke kennis en vaardigheden aangetrokken moeten worden voor het uitvoeren ervan. Het vertrouwen dat de uiteindelijke beslissingsnemer heeft in de uitkomst van de analyse zal groeien naarmate de kennis van en de ervaring met de methode toeneemt.

De gevoeligheidsanalyse in paragraaf 5.4 leert dat de uitkomst sterk afhangt van de visie van degene die de grootte van inputparameters bepaalt, hierin schuilt een gevaar. Iemand die ervaren is met de methode weet welke parameters, bijvoorbeeld de volatiliteit van de verschillende segmenten, grote invloed hebben op de uitkomst van de analyse. Hij zou deze kennis kunnen gebruiken om de uitkomst te sturen, hetgeen niet wenselijk is. Het doel van de analyse is te komen tot een rekenkundige onderbouwing voor het nemen van een beslissing, op basis van een visie op toekomstige ontwikkelingen. Het doel is niet een vooraf ingenomen standpunt met betrekking tot een investeringsvraagstuk bevestigd te krijgen.

Om te komen tot een zuivere uitkomst kan de analist te raden gaan bij verschillende experts die elk hun eigen visie op de verwachte marktontwikkelingen hebben. Bij voorkeur zijn deze experts onafhankelijk, in de zin dat ze geen belang hebben bij de uitkomst van de analyse. In een bedrijfsmatige setting binnen de baggermarkt zal het wellicht moeilijk zijn om onafhankelijke experts te vinden. In dat geval dient de analist zich af te vragen welk belangen er spelen bij de uitkomst van de analyse en in welke mate deze belangen van invloed zijn op de uitgesproken verwachting. Op basis van deze verschillende verwachtingen kunnen er meerdere scenario's uitgewerkt, gepresenteerd en besproken worden met de beslissingsnemer. Ook kunnen verwachte ontwikkelingen gespiegeld worden aan historische ontwikkelingen en kan er besproken worden of het waarschijnlijk is dat er afwijkingen zijn.

De case studie is uitgevoerd binnen de baggermarkt, een markt die gesegmenteerd, volatiel en complex is. Binnen deze markt blijkt de methode aantoonbaar toepasbaar en geeft de methode een significant andere, rekenkundig betere, uitkomst dan de statische NCW-methode. Omdat het onderzoek gebaseerd is op een enkelvoudige case studie, kan wetenschappelijk gezien, de uitkomst niet gegeneraliseerd worden. Het lijkt aannemelijk dat de methode ook bruikbaar en zinvol is bij analyse van investeringen in andere volatiele markten, zolang er sprake is van flexibiliteit binnen de bedrijfsvoering. Zo wordt de methode succesvol toegepast bij investeringsanalyses binnen de luchtvaartindustrie (Mun, 2006) en de koopvaardij (Bendall en Stent, 2005 & 2007).

7 Discussie en beperkingen

Er zijn echter ook een aantal kritische kanttekeningen te plaatsen bij zowel de uitwerking van de case als het gebruik van de ROA-methode, de belangrijkste zijn opgenomen in dit hoofdstuk. De eerste is dat de methode complex is en dat het bouwen van een model waarin zoveel mogelijk, zo niet alle, reële opties gevangen worden tijdovend en specialistisch werk is. Indien echter een goed model gebouwd is en er gebruik gemaakt wordt van de juiste input, zal de berekende NCW inclusief flexibiliteit, een betere fundatie zijn voor de investeringsbeslissing.

In zowel de case als de voorbeeldberekening wordt uitgegaan van twee volledige gecorreleerde marktsegmenten. In het geval van de case de marktsegmenten onderhoud en aanleg. Hoewel deze segmenten gedreven worden door dezelfde marktkracht, namelijk de ontwikkeling van de wereldhandel (IADC, 2014), is daarmee niet gezegd dat ze ook gelijktijdig een 'up' dan wel 'down' ontwikkeling zullen vertonen ten opzichte van het vorige jaar. De case beschouwt daarnaast de optie tot overstappen tussen marktsegmenten die samen weliswaar het grootste deel van de baggermarkt vertegenwoordigen, maar niet de gehele. De optie tot overstappen naar andere segmenten is buiten beschouwing gelaten en daarmee is een deel van de potentiële flexibiliteit niet gewaardeerd.

Er wordt in zowel de case als in de voorbeeldberekening gerekend met de volatiliteit van verwachte geldstromen bij de up en down scenario's. Daarbij kan het niet voorkomen dat er een situatie ontstaat waarbij de inkomsten lager zijn dan de variabele kosten. In dat geval is het mogelijk interessant het schip tijdelijk op te leggen. Het is dan ook interessant te onderzoeken wat de invloed op de uitkomst is, indien er niet gerekend wordt met de volatiliteit van de van de verwachte geldstromen, maar met de prijs per m3. In dat geval kunnen de inkomsten wel dalen tot een niveau dat ligt beneden de variabele kosten.

In de case is gerekend met een periode van exploitatie van 10 jaar en een restwaarde van 40% na het tiende jaar. De economische levensduur van een sleepopperzuiger bedraagt echter circa 18 tot 20 jaar. De technische levensduur van de sleepopperzuiger is nog weer langer. Zo zijn schepen ouder dan 30 jaar geen uitzondering. Wat de invloed is van het rekenen met langere periodes op de waarde van de flexibiliteit is, zal nader onderzocht moeten worden.

Uit de gevoeligheidsanalyse in paragrafen 5.4.1 en 5.4.4 blijkt dat de uitkomst sterk afhankelijk is van de gekozen input voor de volatiliteit van de segmenten. Hiermee is de uitkomst van de expanded NCW, voor een geoefend gebruiker, manipuleerbaar. Hij zou de uitkomst van de berekening kunnen sturen om zodoende te komen tot bevestiging van een vooraf ingenomen standpunt. Dit is niet wenselijk, maar de ROA-methode staat hierin niet alleen. Het geldt voor elke analysemethode dat de uitkomst wordt bepaald door de kwaliteit van de input. Bij de ROA-methode wordt, in tegenstelling tot de andere onderzochte methodes gebruik gemaakt van volatiliteit van marktsegmenten. Mogelijk heb toekomstige gebruikers en beslissingsnemers hier minder ervaring mee en minder gevoel bij. Het is dan in het bijzonder belangrijk te komen tot een goed onderbouwde aanname. Een studie naar historische ontwikkeling kan een uitgangspunt zijn, maar er moet zeker ook gekeken worden of er toekomstige economische ontwikkelingen verwacht worden die invloed hebben op de volatiliteit.

8 Suggesties voor toekomstig onderzoek

De discussie en beperkingen beschreven in het vorige hoofdstuk geven impliciet al enkele suggesties voor verder onderzoek. Aanbevolen wordt om het onderzoek verder voor te zetten op een plaats waar meer gegevens beschikbaar zijn over de ontwikkeling van kasstromen en m³ prijzen in het verleden en waar een gefundeerde visie is op toekomstige ontwikkelingen. Bijvoorbeeld bij één van de grote baggeraannemers.

Daarnaast zal een rekenmodel opgesteld moeten worden dat geschikt is om een overstap alle gewenste marktsegmenten alsmede de optie tot tijdelijk stilleggen mee te nemen in de analyse. Deze laatstgenoemde optie kan interessant worden indien er de volatiliteit van kubieke meter prijzen gesimuleerd wordt in plaats de volatiliteit van kasstromen.

Voor de aannemer kan het interessant zijn om na het effectief worden van het koopcontract de optie te hebben van de koop af te zien. Mogelijk is het voor de scheepsbouwer interessant om de optie tot stoppen tijdens de bouw en/of de optie tot uitstellen tegen een gepaste vergoeding te bieden. Welke prijs de optie zou moeten hebben om het aanbieden ervan voor beide partijen interessant te maken, zal verder onderzocht moeten worden.

Ditzelfde geldt voor het bieden van een gegarandeerde restwaarde, bijvoorbeeld via een staffel op basis van leeftijd van de zuiger. Hierbij moet niet uit het oog verloren worden dat er hierbij ook belangrijke strategische aspecten een rol spelen. Bij verkoop van de teruggenomen zuiger door de scheepsbouwer loopt de aannemer, die in eerste instantie eigenaar was, de kans om zijn oude schip bij een concurrent tegen te komen en een opdracht te verspelen. Niet alle aannemers vinden dit wenselijk. Dit is de reden dat zij er in het verleden voor gekozen hebben hun oudere schepen te slopen, terwijl ze er ook voor hadden kunnen kiezen deze aan te bieden op de 'tweedehandsmarkt'.

De scheepsbouwer daarentegen dient zich ook af te vragen of zij de tweedehandsmarkt willen betreden. Zij begeven zich daarmee op het terrein van bestaande makelaars van baggermaterieel, die hun eigen klantenkring en marktkennis hebben. Ook zou het voor kunnen komen dat ze met de verkoop van een tweedehands zuiger een potentiële order voor een nieuwe zuiger aan zich voorbij zien gaan.

Referenties

- Adger, W. N., Hughes, T. P., Folke, C., Carpenter, S. R., & Rockström, J. (2005). Social-ecological resilience to coastal disasters. *Science*, 309(5737), 1036-1039.
- Bendall, H.B. & Stent, A.F. (2005). Ship Investment under Uncertainty: Valuing a Real Option on the Maximum of Several Strategies. *Maritime Economics & Logistics* 34 (5), 441-452.
- Bendall, H.B. & Stent, A.F. (2007). Maritime investment strategies with a portfolio of real options. *Maritime Policy & Management* 7, 19-35.
- Black, F. & Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy* 81 (3), 637-654
- Brouen, D., De Jong, A., Koedijk, C.G. (2004). Corporate finance in Europe: Confronting theory with practice. *Financial Management* 33, 71-101.
- Buckley, A., Tse, K., Rijken, H. & Eijgenhuijsen, H., (2002) Stock Market Valuation with real options: Lessons from Netscape. *European Management Journal* 20 (5), 512-526.
- Copeland, T. & Antikarov, V. (2003). *Real Options, a practitioner's guide*. United Kingdom: Cengage Learning.
- Copeland, T. & Tufano, P. (2004). A real-world way to manage real options. *Harvard business review*, 82(3), 90-99.
- Damadoran, A. (2000). The promise of real options. *Journal of Applied Corporate Finance* 13 (2), 29-44.
- Dorsman, A.B. (2006). *Vlottend Financieel Management, Analyse en Planning*. 's Gravenhage: Reed Business Information.
- Dorsman, A.B. & Smit, M.W. (2002). *Handboek Management Accounting, C1200 Investeringsselectie: gevoelig en optioneel*, Geraadpleegd via: <http://financecontrolbase.nl/artikel/5953/Het-investeringsselectieproces>
- Dul, J. & Hak, T. (2008). *Case Study Methodology in Business Research*. Londen en New York: Routledge.
- Hillier, D., Ross, S., Westerfield, R., Jaffe, J. & Jordan, B. (2013). *Corporate Finance*. Londen: McGraw-Hill Education.
- International Dredging Association of Dredging Companies (2014). Dredging in figures 2013. Geraadpleegd via: <https://www.iadc-dredging.com/en/76/publications/dredging-in-figures/>
- International Dredging Association of Dredging Companies (2013). Dredging in figures 2012. Geraadpleegd via: <https://www.iadc-dredging.com/en/76/publications/dredging-in-figures/>

-
- Kester, W. C. (1984). Turning growth options into real assets. Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University. Knight, F.H. (1921), *Risk Uncertainty and Profit*. New York: Hart, Schaffner and Marx
- Lasance, A. (2010). Real options: een reële optie? *Tijdschrift Controlling* 12, 18-21.
- Modigliani, F., & Miller, M. H. (1958). The cost of capital, corporation finance and the theory of investment. *The American economic review*, 261-297.
- Modigliani, F., & Miller, M. H. (1963). Corporate income taxes and the cost of capital: a correction. *The American economic review*, 433-443.
- Mun, J. (2006). *Real options analysis: Tools and techniques for valuing strategic investments and decisions*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Roeffen B., Dal Bo Zanon, B. , Czapiewska, K.M., & de Graaf, R.E. (2013). Reducing global land scarcity with floating urban development and food production. *Geraadpleegd via: http://www.deltasync.nl/deltasync/fileadmin/template/main/projectimg/paper_land_scarcity.pdf*
- Schwartz, E.S. & Trigeorgis, L. (2001). *Real Options and Investment Under Uncertainty*. Londen: The MIT press
- Trigeorgis, L. (1995) *Real Options in Capital Investment Models, Strategies and Applications*. Westport, Connecticut, Londen: Praeger
- Vis, J. (2006) *Werken met waarde, Analyseren van economische waarde*. Alphen aan den Rijn: Kluwer

Gebruikte vergelijkingen

$$K_{VV} = R_f + \text{opslagen voor risico's} \quad \text{Vergelijking 3.1}$$

$$K_e = R_f + (P_m * \beta) \quad \text{Vergelijking 3.2}$$

$$\beta_u = \frac{\beta_l}{\left[1 + (1 - f) * \left(\frac{VV}{EV}\right)\right]} \quad \text{Vergelijking 3.3}$$

$$K_e = R_f + P_m + P_{Spr} \quad \text{Vergelijking 3.4}$$

$$K_e = \left((1 + R_f) * (1 + P_m) * (1 + P_{Spr})\right) - 1 \quad \text{Vergelijking 3.5}$$

$$K_{el} = K_{eu} + (K_{eu} - K_{vv}) * \left(\frac{VV}{EV}\right) \quad \text{Vergelijking 3.6}$$

$$V_l = \frac{EBIT * (1 - f)}{K_{eu}} + \frac{f * K_{vv} * VV}{K_{vv}} = \frac{EBIT * (1 - f)}{K_{eu}} + f * VV \quad \text{Vergelijking 3.7}$$

$$V_l = \frac{EBIT * (1 - f)}{K_{eu}} + \frac{f * K_{vv} * VV}{K_{eu}} \quad \text{Vergelijking 3.8}$$

$$WACC = \left(\frac{EV}{EV + VV}\right) * K_{el} + \left(\frac{VV}{EV + VV}\right) * K_{vv} * (1 - f) \quad \text{Vergelijking 3.9}$$

$$\text{Reële kostenvoet} = \frac{(1 + \text{Nominale kostenvoet})}{(1 + \text{Inflatiepercentage})} - 1 \quad \text{Vergelijking 3.10}$$

$$\text{Reële geldstroom} = \frac{\text{Nominale geldstroom}}{(1 + \text{Inflatiepercentage})} \quad \text{Vergelijking 3.11}$$

$$NCW = CW - I_0 = \sum \frac{C_t}{(1 + Wacc)^t} - I_0 \quad (t = 1, 2, \dots, n) \quad \text{Vergelijking 3.12}$$

$$I_0 = \sum \frac{C_t}{(1 + IR)^t} \quad (t = 1, 2, \dots, n) \quad \text{Vergelijking 3.13}$$

$$GBR = \frac{\text{Gemiddelde winst}}{\text{Gemiddeld geïnvesteerd vermogen}} \quad \text{Vergelijking 3.14}$$

$$WI = \frac{CW}{I_0} \quad \text{Vergelijking 3.15}$$

$$Up = e^{\sigma \sqrt{\frac{T}{N}}}$$

Vergelijking 3.16

$$Down = \frac{1}{Up}$$

Vergelijking 3.17

$$CW_{XB} = \frac{p * CW_{xd} + (1 - p)CW_{XE}}{(1 + WACC_x)} + C_{XB}$$

Vergelijking 3.18

$$mCW_{XD} - (1 + r_f)B = CW_{YD}$$

Vergelijking 3.19

$$mCW_{XE} - (1 + r_f)B = CW_{YE}$$

Vergelijking 3.20

$$CW_{YB} = mCW_{XB} + B + C_{YB}$$

Vergelijking 3.21

$$S_{XD} = \text{MAX} (CW_{XD}, CW_{YD} - C_{xy})$$

Vergelijking 3.22

$$S_{YD} = \text{MAX} (CW_{YD}, CW_{XD} - C_{xy})$$

Vergelijking 3.23

$$CW_{YB}^f = mCW_{XB}^f + B + C_{YB}$$

Vergelijking 3.24

$$ROA_{ZX} = ROA_{XA} - I_Z$$

Vergelijking 3.25

$$ROA_{ZY} = ROA_{YA} - I_Z$$

Vergelijking 3.26

$$C = SN(d_1) - Ee^{-rt}N(d_2)$$

Vergelijking 3.27

$$d_1 = \left[\ln \left(\frac{S}{E} \right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2} \right) t \right] / \sqrt{\sigma^2 t}$$

Vergelijking 3.28

$$d_2 = d_1 - \sqrt{\sigma^2 t}$$

Vergelijking 3.29

$$C = Se^{-yt}N(d_1) - Ee^{-rt}N(d_2)$$

Vergelijking 3.30

$$d_1 = \left[\ln \left(\frac{S}{E} \right) + \left(r - y + \frac{\sigma^2}{2} \right) t \right] / \sqrt{\sigma^2 t}$$

Vergelijking 3.31

$$d_2 = d_1 - \sqrt{\sigma^2 t}$$

Vergelijking 3.32

$$CW = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1 + k)^t} \quad (t = 1, 2, \dots, n)$$

Vergelijking 3.33

$$\text{Volatilititeit} = \frac{\text{Percentile waarde} - \text{Gemiddelde}}{\text{Inverse van percentile} * \text{Gemiddelde}}$$

Vergelijking 5.1

Gebruikte symbolen

β	= Bèta, maatstaf voor het risico van een individueel fonds ten opzichte van dat van de markt
β_u	= Unlevered bèta
β_l	= Levered bèta
σ	= Volatiliteit
σ	= De standaard deviatie in waarde van onderliggend actief
σ^2	= De variantie in waarde van onderliggend actief
B	= Bedrag aan uitgegeven risicovrije obligaties
C	= De huidige waarde van de optie
C_t	= vrije geldstroom in periode t
CW	= contante waarde van toekomstige vrije geldstromen
E	= De uitoefenprijs van de optie
EBIT	= Operationeel resultaat (Earnings before interest and taxes)
EV	= Eigen vermogen
f	= De belastingvoet
I_0	= initiële investering
k	= disconteringsvoet per periode
K_e	= Kostenvoet eigen vermogen
K_{el}	= Kostenvoet eigen vermogen levered
K_{eu}	= Kostenvoet eigen vermogen unlevered
K_{vv}	= Kostenvoet vreemd vermogen
m	= aandeel in het project / de investering
N	= Het aantal stappen per periode (T)
$N(d_1)$	= Cumulatieve distributiefunctie van d_1
$N(d_2)$	= Cumulatieve distributiefunctie van d_2
NCW	= netto contante waarde
P_m	= Gemiddelde marktpremie voor het verstrekken van eigen vermogen
P_{spr}	= De premie voor het bedrijfsspecifieke risico
R_f	= Risicovrije rentevoet

S	= Contante waarde indien er optimaal gebruik gemaakt wordt van flexibiliteit
S	= De huidige waarde van het onderliggende actief
t	= De resterende looptijd van de optie
T	= Periode waarvoor de volatiliteit geldt
VI	= de waarde van de onderneming met vreemd vermogen (levered)
VV	= Vreemd vermogen
y	= Het dividendrendement

Bijlage I

Binominal trees

In deze bijlage zijn de waardes van verschillende grootheden in de verschillende binominal trees opgenomen. Als eerste zijn de verwachte vrije geldstromen, de netto contante waardes op de verschillende momenten en bij verschillende scenariol's en de NCW zonder de vrije kasstromen over het voorafgaande jaar te zien voor de onderhoudszuiger in het onderhoudssegment. Deze laatste grootheid wordt in het model gebruikt bij de replicating portfolio van de andere segmenten.

Onderhoudszuiger	
Volatiliteit	0,1378
T (periode in jaren)	1
N (stapjes per periode)	1
Up ($e^{\sigma\sqrt{t/n}}$)	1,14775
Down ($1/up$)	0,87127
Keu	15,9%
Rf	1%
Objective prob.	0.5
Investering	23.583 (*1000 €)
Restwaarde (%)	40%
Restwaarde (* € 1000)	9.433,4 (*1000 €)
Vrije geldstroom jaar 1	4.191,6 (*1000 €)
Basiswaarde vrije geldstroom jaar 2 t/m 9 ¹⁾	4.191,6 (*1000 €)
Basiswaarde vrije geldstroom jaar 10 ²⁾	4,191,6 (*1000 €)
Contante waarde	27.954.5 (*1000 €)
Netto contante waarde	4.371,0 (*1000 €)

Tabel I.1 Invoerwaardes binominale boom onderhoudszuiger

- 1) Het betreft hier de basiswaarde van de verwachte vrije geldstromen die vermenigvuldigd wordt met de up en/of down factor, afhankelijk van de plaats in de boom, tot de macht die van toepassing is voor het betreffende jaar.
- 2) Het betreft hier de basiswaarde die vermenigvuldigd wordt met de up of down factor, afhankelijk van de plaats in de boom, tot de macht die van toepassing is voor het betreffende jaar. Hierbij wordt de restwaarde van de sleephopperzuiger opgeteld.

Verwachte vrije geldstromen (* € 1000)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	4.192	4.811	5.522	6.338	7.274	8.349	9.582	10.998	1.2623	23.921
		3.652	4.192	4.811	5.522	6.338	7.274	8.349	9.582	20.431
			3.182	3.652	4.192	4.811	5.522	6.338	7.274	17.782
				2.772	3.182	3.652	4.192	4.811	5.522	15.771
					2.415	2.772	3.182	3.652	4.192	14.244
						2.105	2.415	2.772	3.182	13.085
							1.834	2.105	2.415	12.206
								1.598	1.834	11.538
									1.392	11.031
										10.646

Tabel I.2 Verwachte geldstromen onderhoudsruiger

Contante Waarde (* € 1000)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
27.954	30.852	33.427	35.855	37.971	39.548	40.276	39.735	37.366	32.423	
		26.293	28.246	29.975	31.311	32.018	31.781	30.177	26.642	
			22.470	23.906	25.058	25.749	25.743	24.719	22.253	
				19.299	20.311	20.991	21.159	20.576	18.921	
					16.708	17.379	17.680	17.431	16.392	
						14.636	15.038	15.044	14.473	
							13.033	13.231	13.015	
								11.856	11.909	
									11.069	

Tabel I.3 Contante waardes geldstromen onderhoudsruiger

Contante Waarde exclusief verwachte vrije geldstroom over het voorgaande jaar (* € 1000)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	26.661	28.616	30.333	31.633	32.274	31.927	30.153	26.368	19.800	
		22.641	24.054	25.165	25.789	25.680	24.507	21.828	17.060	
			19.288	20.254	20.866	20.938	20.221	18.381	14.979	
				16.526	17.129	17.339	16.968	15.765	13.400	
					14.292	14.606	14.498	13.779	12.201	
						12.532	12.623	12.271	11.291	
							11.200	11.127	10.600	
								10.258	10.075	
									9.677	

Tabel I.4 Contante waardes geldstromen onderhoudsruiger exclusief verwachte geldsroom over voorgaand jaar

Vervolgens wordt de multipurpose zuiger in het onderhoudssegment beschouwd. Extra opgenomen zijn bomen met de waardes m & B welke gebruikt worden binnen de replicating portfolio techniek.

Multipurpose zuiger (onderhoudssegment)	
Volatiliteit	0,144
T (periode in jaren)	1
N (stapjes per periode)	1
Up ($e^{\sigma\sqrt{t/n}}$)	1,155
Down ($1/up$)	0,866
Keu	1)
Rf	1%
Objective prob.	0,5
Investering	28.804,1 (*1000 €)
Restwaarde (%)	40%
Restwaarde (* € 1000)	11.521,6 (*1000 €)
Vrije geldstroom jaar 1 (* € 1000)	4.004,4 (*1000 €)
Vrije geldstroom jaar 2 t/m 9 (* € 1000) ²⁾	4.004,4 (*1000 €)
Vrije geldstroom jaar 10 (* € 1000) ³⁾	4.004,4 (*1000 €)
Contante waarde (* € 1000) ⁴⁾	28.372,6 (*1000 €)
Netto contante waarde (* € 1000) ⁴⁾	-431,5 (*1000 €)

Tabel I.5 Invoerwaardes binominale boom multipurpose zuiger onderhoudssegment

- 1) De verwachte geldstromen worden contant gemaakt middels replicating portfolio techniek
- 2) Het betreft hier de basiswaarde van de verwachte vrije geldstromen die vermenigvuldigd wordt met de up en/of down factor, afhankelijk van de plaats in de boom, tot de macht die van toepassing is voor het betreffende jaar.
- 3) Het betreft hier de basiswaarde die vermenigvuldigd wordt met de up of down factor, afhankelijk van de plaats in de boom, tot de macht die van toepassing is voor het betreffende jaar. Hierbij wordt opgeteld wordt de restwaarde van de slephopperzuiger.
- 4) Het betreft hier de waarde in een markt met volatiliteit, maar exclusief de waarde van flexibiliteit.

Verwachte vrije geldstromen (* € 1000)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	4.004	4.626	5.344	6.173	7.131	8.237	9.515	10.991	12.697	26.189
		3.467	4.004	4.626	5.344	6.173	7.131	8.237	9.515	22.513
			3.001	3.467	4.004	4.626	5.344	6.173	7.131	19.759
				2.598	3.001	3.467	4.004	4.626	5.344	17.694
					2.249	2.598	3.001	3.467	4.004	16.147
						1.947	2.249	2.598	3.001	14.988
							1.685	1.947	2.249	14.119
								1.459	1.685	13.468
									1.263	12.981
										12.615

Tabel I.6 Verwachte geldstromen multipurpose zuiger onderhoudssegment

m (voor replicating portfolio)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0,9761	0,9857	0,9951	1,0044	1,0137	1,0230	1,0325	1,0423	1,0532	
		0,9696	0,9796	0,9893	0,9989	1,0085	1,0182	1,0282	1,0397	
			0,9632	0,9736	0,9837	0,9937	1,0037	1,0142	1,0264	
				0,9568	0,9678	0,9784	0,9890	1,0001	1,0133	
					0,9507	0,9624	0,9739	0,9858	1,0003	
						0,9452	0,9581	0,9713	0,9875	
							0,9413	0,9564	0,9749	
								0,9409	0,9624	
									0,9501	

Tabel I.7 Waarde van m (voor replicating portfolio) voor multipurpose zuiger onderhoudssegment

B (voor replicating portfolio)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1.313	1.121	947	796	680	615	624	735	985	
		1.571	1.406	1.263	1.148	1.072	1.050	1.104	1.258	
			1.795	1.653	1.535	1.449	1.403	1.414	1.492	
				1.991	1.866	1.768	1.703	1.678	1.697	
					2.161	2.049	1.964	1.910	1.880	
						2.305	2.199	2.118	2.046	
							2.419	2.311	2.199	
								2.493	2.341	
									2.476	

Tabel I.8 Waarde van B (voor replicating portfolio) voor multipurpose zuiger onderhoudssegment

Contante Waarde vrije geldstromen (* € 1000)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
28.373	31.341	33.955	36.475	38.741	40.526	41.513	41.270	39.209	34.536	
		26.991	28.975	30.785	32.253	33.143	33.133	31.786	28.510	
			23.374	24.839	26.066	26.881	27.044	26.229	23.997	
				20.401	21.445	22.200	22.489	22.071	20.618	
					17.997	18.704	19.084	18.960	18.089	
						16.097	16.542	16.635	16.196	
							14.647	14.899	14.781	
								13.604	13.723	
									12.933	

Tabel I.9 Contante waardes geldstromen multipurpose zuiger onderhoudssegment

Contante Waarde exclusief verwachte vrije geldstroom over het voorgaande jaar (* € 1000)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	27.337	29.329	31.132	32.569	33.395	33.276	31.755	28.217	21.839	
		23.524	24.970	26.159	26.909	26.970	26.003	23.549	18.995	
			20.373	21.373	22.062	22.255	21.700	20.056	16.867	
				17.804	18.444	18.733	18.484	17.445	15.275	
					15.748	16.106	16.084	15.493	14.084	
						14.150	14.293	14.037	13.195	
							12.962	12.952	12.532	
								12.145	12.038	
									11.670	

Tabel I.10 Contante waardes geldstromen multipurpose zuiger exclusief verwachte geldstroom over voorgaand jaar

Daarna wordt de multipurpose zuiger in het aanlegsegment beschouwd.

Multipurpose zuiger (aanlegsegment)	
Volatiliteit	0,2166
T (periode in jaren)	1
N (stapjes per periode)	1
Up ($e^{\sigma\sqrt{t/n}}$)	1,2419
Down ($1/up$)	0,8052
Keu	1)
Rf	1%
Objective prob.	0,5
Investering	28.804,1 (*1000 €)
Restwaarde (%)	40%
Restwaarde (* € 1000)	11.521,6 (*1000 €)
Vrije geldstroom jaar 1 (* € 1000)	4.004,4 (*1000 €)
Vrije geldstroom jaar 2 t/m 9 (* € 1000) ²⁾	5.490,6 (*1000 €)
Vrije geldstroom jaar 10 (* € 1000) ³⁾	5.490,6 (*1000 €)
Contante waarde (* € 1000) ⁴⁾	29.425,2 (*1000 €)
Netto contante waarde (* € 1000) ⁴⁾	621,1 (*1000 €)

Tabel I.11 Invoerwaardes binominale boom multipurpose zuiger aanlegsegment

- 1) De verwachte geldstromen worden contant gemaakt middels replicating portfolio techniek
- 2) Het betreft hier de basiswaarde van de verwachte vrije geldstromen die vermenigvuldigd wordt met de up en/of down factor, afhankelijk van de plaats in de boom, tot de macht die van toepassing is voor het betreffende jaar.
- 3) Het betreft hier de basiswaarde die vermenigvuldigd wordt met de up of down factor, afhankelijk van de plaats in de boom, tot de macht die van toepassing is voor het betreffende jaar. Hierbij wordt opgeteld wordt de restwaarde van de sleehopperzuiger.
- 4) Het betreft hier de waarde in een markt met volatiliteit, maar exclusief de waarde van flexibiliteit.

Verwachte vrije geldstromen (* € 1000)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	4.004	6.819	8.468	10.517	13.061	16.220	20.144	25.017	31.069	50.106
		4.421	5.491	6.819	8.468	10.517	13.061	16.220	20.144	36.539
			3.560	4.421	5.491	6.819	8.468	10.517	13.061	27.742
				2.867	3.560	4.421	5.491	6.819	8.468	22.038
					2.308	2.867	3.560	4.421	5.491	18.340
						1.859	2.308	2.867	3.560	15.943
							1.497	1.859	2.308	14.388
								1.205	1.497	13.380
									970	12.727
										12.303

Tabel I.12 Verwachte geldstromen multipurpose zuiger aanlegsegment

m (voor replicating portfolio)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1,5872	1,7714	1,9748	2,2006	2,4522	2,7341	3,0530	3,4216	3,8875	
		1,4598	1,6372	1,8333	2,0516	2,2963	2,5740	2,8981	3,3204	
			1,3400	1,5121	1,7030	1,9168	2,1604	2,4479	2,8360	
				1,2283	1,3973	1,5862	1,8019	2,0599	2,4223	
					1,1263	1,2958	1,4897	1,7246	2,0689	
						1,0382	1,2159	1,4340	1,7671	
							0,9736	1,1808	1,5093	
								0,9590	1,2891	
									1,1011	

Tabel I.13 Waarde van m (voor replicating portfolio) voor multipurpose zuiger aanlegsegment

B (voor replicating portfolio)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	-13.800	-18.393	-23.435	-28.811	-34.272	-39.365	-43.319	-44.912	-42.465	
		-9.680	-13.415	-17.426	-21.573	-25.588	-29.008	-31.102	-30.992	
			-6.381	-9.457	-12.685	-15.916	-18.885	-21.182	-22.464	
				-3.749	-6.333	-8.989	-11.582	-13.914	-16.004	
					-1.670	-3.907	-6.194	-8.473	-11.020	
						-70	-2.116	-4.308	-7.110	
							1.059	-1.045	-3.994	
								1.569	-1.479	
										575

Tabel I.14 Waarde van B (voor replicating portfolio) voor multipurpose zuiger aanlegsegment

Contante Waarde vrije geldstromen (* € 1000)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29.425	32.520	39.117	44.937	51.318	57.929	64.148	68.883	70.327	65.579	
		27.794	31.458	35.528	39.803	43.898	47.135	48.378	45.797	
			23.026	25.591	28.339	31.038	33.269	34.329	33.078	
				19.417	21.162	22.934	24.483	25.379	24.923	
					16.736	17.887	18.964	19.712	19.713	
						14.798	15.541	16.155	16.402	
							13.459	13.952	14.312	
								12.612	13.006	
									12.201	

Tabel I.15 Contante waardes geldstromen multipurpose zuiger aanlegsegment

Contante Waarde exclusief verwachte vrije geldstroom over het voorgaande jaar (* € 1000)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	28.516	32.299	36.469	40.801	44.869	47.927	48.739	45.310	34.510	
		23.373	25.968	28.709	31.335	33.381	34.074	32.157	25.653	
			19.466	21.170	22.849	24.219	24.801	23.813	20.017	
				16.550	17.602	18.513	18.992	18.560	16.454	
					14.427	15.020	15.404	15.291	14.223	
						12.940	13.233	13.289	12.842	
							11.963	12.093	12.004	
								11.407	11.510	
									11.230	

Tabel I.16 Contante waardes geldstromen multipurpose zuiger exclusief verwachte geldsroom over voorgaand jaar

Vervolgens wordt de multipurpose zuiger met flexibiliteit beschouwd. Dit gebeurt met behulp van twee bomen. Met behulp van de eerste boom wordt de waarde van flexibiliteit beschouwd, indien de sleephopper zuiger tijdens het voorgaande jaar in het aanlegsegment werkzaam was. Met behulp van de tweede boom wordt de waarde van flexibiliteit beschouwd, indien de sleephopper zuiger tijdens het voorgaande jaar in het onderhoudssegment werkzaam was. S geeft de hoogste van de twee contante waarden aan, indien deze waarde ligt in het andere segment worden de kosten voor overstappen in mindering gebracht, conform paragraaf 3.10.5.

Multipurpose zuiger (flexibiliteit vanuit aanleg)	
Volatiliteit	0,2166
T (periode in jaren)	1
N (stapjes per periode)	1
Up ($e^{\sigma\sqrt{t/n}}$)	1,2419
Down ($1/up$)	0,8052
Keu	1)
Rf	1%
Objective prob.	0,5
Investering	28.804,1 (*1000 €)
Restwaarde (%)	40%
Restwaarde (* € 1000)	11.522 (*1000 €)
Vrije geldstroom jaar 1 (* € 1000)	4.004,4 (*1000 €)
Vrije geldstroom jaar 2 t/m 9 (* € 1000) ²⁾	5.490,6 (*1000 €)
Vrije geldstroom jaar 10 (* € 1000) ³⁾	5.490,6 (*1000 €)
Overstappen aanl. => onh	50,0 (*1000 €)
Overstappen onh. => aanl.	100,0 (*1000 €)
Contante waarde (* € 1000) ⁴⁾	30.399,3 (*1000 €)
Netto contante waarde (* € 1000) ⁴⁾	1.595,2 (*1000 €)

Tabel 0.17 Invoerwaardes flexibele inzet komend vanuit aanlegsegment

- 1) De verwachte geldstromen worden contant gemaakt middels replicating portfolio techniek
- 2) Het betreft hier de basiswaarde van de verwachte vrije geldstromen die vermenigvuldigd wordt met de up en/of down factor, afhankelijk van de plaats in de boom, tot de macht die van toepassing is voor het betreffende jaar.
- 3) Het betreft hier de basiswaarde die vermenigvuldigd wordt met de up of down factor, afhankelijk van de plaats in de boom, tot de macht die van toepassing is voor het betreffende jaar. Hierbij wordt opgeteld wordt de restwaarde van de sleephopperzuiger.
- 4) Het betreft hier de waarde inclusief de waarde van flexibiliteit in een markt met volatiliteit.

Verwachte vrije geldstromen (* € 1000)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	4.004	6.819	8.468	10.517	13.061	16.220	20.144	25.017	31.069	50.106
		4.421	5.491	6.819	8.468	10.517	13.061	16.220	20.144	36.539
			3.560	4.421	5.491	6.819	8.468	10.517	13.061	27.742
				2.867	3.560	4.421	5.491	6.819	8.468	22.038
					2.308	2.867	3.560	4.421	5.491	18.340
						1.859	2.308	2.867	3.560	15.943
							1.497	1.859	2.308	14.388
								1.205	1.497	13.418
									970	12.931
										12.565

Tabel I.18 Verwachte geldstromen multiporpose zuiger met flexibiliteit, komend vanuit aanlegsegment

m (voor replicating portfolio)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1,5854	1,6553	1,9344	2,2006	2,4522	2,7341	3,0530	3,4216	3,8875	
		1,4716	1,4848	1,7779	2,0516	2,2963	2,5740	2,8981	3,3204	
			1,3690	1,3134	1,6281	1,9168	2,1604	2,4479	2,8360	
				1,2735	1,1408	1,4875	1,8019	2,0599	2,4223	
					1,1754	0,9705	1,3653	1,7246	2,0689	
						1,0950	0,8160	1,2897	1,7671	
							1,0321	0,7683	1,4521	
								0,9409	0,9624	
									0,9501	

Tabel I.19 Waarde van m (voor replicating portfolio) voor multiporpose met flexibiliteit, komend vanuit aanlegsegment

B (voor replicating portfolio)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	-12.661	-13.979	-21.914	-28.811	-34.272	-39.365	-43.319	-44.912	-42.465	
		-8.844	-8.571	-15.707	-21.573	-25.588	-29.008	-31.102	-30.992	
			-5.829	-4.183	-10.776	-15.916	-18.885	-21.182	-22.464	
				-3.381	-649	-6.922	-11.582	-13.914	-16.004	
					-1.244	2.128	-4.047	-8.473	-11.020	
						274	4.136	-2.240	-7.110	
							1.304	4.479	-3.302	
								2.444	2.292	
									2.426	

Tabel I.20 Waarde van B(voor replicating portfolio) voor multiporpose met flexibiliteit, komend vanuit aanlegsegment

Contante Waarde vrije geldstromen (* € 1000)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30.399	33.611	40.208	45.231	51.318	57.929	64.148	68.883	70.327	65.579	
		28.897	32.636	35.851	39.803	43.898	47.135	48.378	45.797	
			24.135	26.839	28.686	31.038	33.269	34.329	33.078	
				20.532	22.452	23.290	24.483	25.379	24.923	
					17.863	19.170	19.307	19.712	19.713	
						15.855	16.744	16.452	16.402	
							14.360	14.886	14.397	
								13.300	13.485	
									12.591	

Tabel I.21 Contante waarde van vrije geldstromen voor multipurpose met flexibiliteit, komend vanuit aanlegsegment

Contante Waarde exclusief verwachte vrije geldstroom over het voorgaande jaar (* € 1000)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	29.607	33.389	36.763	40.801	44.869	47.927	48.739	45.310	34.510	
		24.476	27.145	29.033	31.335	33.381	34.074	32.157	25.653	
			20.575	22.418	23.195	24.219	24.801	23.813	20.017	
				17.665	18.892	18.869	18.992	18.560	16.454	
					15.555	16.303	15.747	15.291	14.223	
						13.996	14.436	13.586	12.842	
							12.863	13.027	12.089	
								12.095	11.988	
									11.620	

Tabel I.22 Contante waardes geldstromen multipurpose zuiger met flexibiliteit, komend vanuit aanlegsegment exclusief verwachte geldstroom over voorgaand jaar

S (* € 1000)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	33.611	40.208	45.231	51.318	57.929	64.148	68.883	70.327	65.579	
		28.897	32.636	35.851	39.803	43.898	47.135	48.378	45.797	
			24.135	26.839	28.686	31.038	33.269	34.329	33.078	
				20.532	22.452	23.290	24.483	25.379	24.923	
					17.863	19.170	19.307	19.712	19.713	
						15.947	16.744	16.452	16.402	
							14.548	14.973	14.523	
								13.554	13.673	
									12.883	

Tabel I.23 Contante waarde van vrije geldstromen voor multipurpose met flexibiliteit, komend vanuit aanlegsegment bij optimale inzet

Ideaal schakelend komend vanuit aanleg									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Onderhouds -contract	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg
	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg
		blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg
			blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg
				blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg
					stap naar onderhoud	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg	blijf in aanleg
						stap naar onderhoud	stap naar onderhoud	stap naar onderhoud	blijf in aanleg
							stap naar onderhoud	stap naar onderhoud	stap naar onderhoud
								stap naar onderhoud	stap naar onderhoud
									stap naar onderhoud

Tabel I.24 Ideaal schakelprogramma, komend vanuit aalegsegment

Multipurpose zuiger (flexibiliteit vanuit onderhoud)	
Volatiliteit	0,2166
T (periode in jaren)	1
N (stapjes per periode)	1
Up ($e^{\sigma\sqrt{t/n}}$)	1,2419
Down ($1/up$)	0,8052
Keu	1)
Rf	1%
Objective prob.	0.5
Investerings	28.804,1 (*1000 €)
Restwaarde (%)	40%
Restwaarde (* € 1000)	11.522 (*1000 €)
Vrije geldstroom jaar 1 (* € 1000)	4.004,4 (*1000 €)
Vrije geldstroom jaar 2 t/m 9 (* € 1000) ²⁾	5.490,6 (*1000 €)
Vrije geldstroom jaar 10 (* € 1000) ³⁾	5.490,6 (*1000 €)
Overstappen aanl. => onh	50,0 (*1000 €)
Overstappen onh. => aanl.	100,0 (*1000 €)
Contante waarde (* € 1000) ⁴⁾	30.310,9 (*1000 €)
Netto contante waarde (* € 1000) ⁴⁾	1.506,8 (*1000 €)

Tabel 0.25 Invoerwaardes flexibele inzet komend vanuit onderhoudsegment

- 1) De verwachte geldstromen worden contant gemaakt middels replicating portfolio techniek
- 2) Het betreft hier de basiswaarde van de verwachte vrije geldstromen die vermenigvuldigd wordt met de up en/of down factor, afhankelijk van de plaats in de boom, tot de macht die van toepassing is voor het betreffende jaar.
- 3) Het betreft hier de basiswaarde die vermenigvuldigd wordt met de up of down factor, afhankelijk van de plaats in de boom, tot de macht die van toepassing is voor het betreffende jaar. Hierbij wordt opgeteld wordt de restwaarde van de sleepopperzuiger.
- 4) Het betreft hier de waarde inclusief de waarde van flexibiliteit in een markt met volatiliteit.

Verwachte vrije geldstromen (* € 1000)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	4.004	4.626	5.344	6.173	7.131	8.237	9.515	10.991	12.697	50.006
		3.467	4.004	4.626	5.344	6.173	7.131	8.237	9.515	36.439
			3.001	3.467	4.004	4.626	5.344	6.173	7.131	27.642
				2.598	3.001	3.467	4.004	4.626	5.344	21.938
					2.249	2.598	3.001	3.467	4.004	18.240
						1.947	2.249	2.598	3.001	15.843
							1.685	1.947	2.249	14.288
								1.459	1.685	13.468
									1.263	12.981
										12.615

Tabel I.26 Verwachte geldstromen multipurpose zuiger met flexibiliteit, komend vanuit onderhoudssegment

m (voor replicating portfolio)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1,5854	1,6553	1,9344	2,2006	2,4522	2,7341	3,0530	3,4216	3,8875	
		1,4716	1,4848	1,7779	2,0516	2,2963	2,5740	2,8981	3,3204	
			1,3690	1,3134	1,6281	1,9168	2,1604	2,4479	2,8360	
				1,2454	1,1408	1,4875	1,8019	2,0599	2,4223	
					1,1207	0,9214	1,3653	1,7246	2,0689	
						1,0849	0,7332	1,1867	1,7671	
							1,0321	0,7683	1,2275	
								0,9409	0,9624	
									0,9501	

Tabel I.27 Waarde van m (voor replicating portfolio) voor multipurpose met flexibiliteit, komend vanuit onderhoudssegment

B (voor replicating portfolio)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	-12.760	-14.078	-22.013	-28.910	-34.371	-39.464	-43.418	-45.011	-42.564	
		-8.943	-8.670	-15.806	-21.672	-25.687	-29.107	-31.201	-31.091	
			-5.928	-4.282	-10.875	-16.015	-18.984	-21.281	-22.563	
				-2.916	-748	-7.021	-11.681	-14.013	-16.103	
					-402	2.888	-4.146	-8.572	-11.119	
						454	5.270	-864	-7.209	
							1.353	4.528	-687	
								2.493	2.341	
									2.476	

Tabel I.28 Waarde van B (voor replicating portfolio) voor multipurpose met flexibiliteit, komend vanuit onderhoudssegment

Contante Waarde vrije geldstromen (* € 1000)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30.311	33.512	37.916	42.007	46.875	51.900	56.065	58.155	56.203	47.108	
		27.843	31.051	33.559	36.579	39.455	41.105	40.295	35.069	
			23.477	25.786	27.101	28.746	30.045	29.886	27.049	
				20.265	21.794	22.237	22.898	23.087	21.699	
					17.864	18.944	18.649	18.658	18.128	
						15.997	16.773	16.296	15.744	
							14.598	15.023	14.573	
								13.604	13.723	
									12.933	

Tabel I.29 Contante waarde van vrije geldstromen voor multipurpose met flexibiliteit, komend vanuit onderhoudssegment

Contante Waarde exclusief verwachte vrije geldstroom over het voorgaande jaar (* € 1000)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	29.508	33.290	36.664	40.702	44.770	47.828	48.640	45.211	34.411	
		24.377	27.046	28.934	31.236	33.282	33.975	32.058	25.554	
			20.476	22.319	23.096	24.120	24.702	23.714	19.918	
				17.667	18.793	18.770	18.893	18.461	16.355	
					15.615	16.346	15.648	15.192	14.124	
						14.050	14.525	13.699	12.743	
							12.913	13.077	12.324	
								12.145	12.038	
									11.670	

Tabel I.30 Contante waardes geldstromen multipurpose zuiger met flexibiliteit, komend vanuit onderhoudssegment exclusief verwachte geldstroom over voorgaand jaar

S (* € 1000)										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	33.512	40.108	45.131	51.218	57.829	64.048	68.783	70.227	65.479	
		28.797	32.536	35.751	39.703	43.798	47.035	48.278	45.697	
			24.035	26.739	28.586	30.938	33.169	34.229	32.978	
				20.432	22.352	23.190	24.383	25.279	24.823	
					17.864	19.070	19.207	19.612	19.613	
						15.997	16.773	16.352	16.302	
							14.598	15.023	14.573	
								13.604	13.723	
									12.933	

Tabel I.31 Contante waarde van vrije geldstromen voor multipurpose met flexibiliteit, komend vanuit onderhoudssegment bij optimale inzet

Ideaal schakelend komend vanuit onderhoud									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Onderhoudscontract	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg
	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg
		stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg
			stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg
				blijf in onderhoud	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg	stap naar aanleg
					blijf in onderhoud	blijf in onderhoud	stap naar aanleg houd	stap naar aanleg	stap naar aanleg
						blijf in onderhoud	blijf in onderhoud	blijf in onderhoud	blijf in onderhoud
							blijf in onderhoud	blijf in onderhoud	blijf in onderhoud
								blijf in onderhoud	blijf in onderhoud

Tabel I.32 Ideaal schakelprogramma, komend vanuit onderhoudssegment