

Onderzoek naar waarschuwningsniveaus voor de dekkningsgraad op marktwaardebasis

Jasper Holke Klein
Juni 2009

Vrije Universiteit
Faculteit der Exacte Wetenschappen
Studierichting Bedrijfsuiskunde en Informatica
De Boelelaan 1081a
1081 HV Amsterdam

Zwitslerleuven
Burgemeester Rijnderslaan 7
1185 MD Amstelveen

Voorwoord

Binnen Zwitserleven heb ik onderzoek gedaan naar het omzetten van het huidige Zwitserleven waarschuwingssysteem en waarschuwningsniveaus naar marktwaarde basis. Het doel van de waarschuwningsniveaus is om er voor te zorgen dat er geen dekkingstekort ontstaat. Dit onderzoek heb ik gedaan als een afstudeerstage van negen maanden en dit vormt de afsluiting van mijn studie Bedrijfswiskunde en Informatica aan de Vrije Universiteit. Het doel van de afstudeerstage is het toepassen van de verworven kennis om hiermee onderzoek te verrichten ten behoeve van het stagebedrijf. Hiernaast krijgt de student inzicht in de organisatie en kan hierin zijn vaardigheden verder ontwikkelen.

Het onderzoek heb ik uitgevoerd binnen de afdeling Corporate Clients Rekentechniek, welke pensioenberekeningen uitvoert voor de grotere klanten van Zwitserleven. Het onderzoek zelf had een sterkere binding met de afdeling Actuariaal, welke dan ook het meest betrokken was.

Ik wil Zwitserleven bedanken voor de mogelijkheid die ze mij geboden hebben om mijn stage uit te voeren. Daarnaast wil ik verschillende personen bedanken. Binnen Zwitserleven heeft Rianne Lurvink mij kennis laten maken met het werk van CCR. Jitske Meijering en in het bijzonder Tonny Verbaken hebben mij vanuit Zwitserleven begeleid bij het uitvoeren van mijn stageopdracht en het geven van feedback. Hiernaast wil ik mijn dank uitspreken aan Marianne Jonker en Bert Kersten, mijn begeleiders van de Vrije Universiteit.

Jasper Holke Klein
Amsterdam, 2009

Management samenvatting

<vertrouwelijk>

Belangrijkste afkortingen

<vertrouwelijk>

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Management samenvatting	3
Belangrijkste afkortingen	3
Inhoudsopgave	3
1 Introductie	4
1.1 Zwitserleven	4
1.2 Pensioenen.....	4
1.3 Probleemstelling	5
1.4 Opbouw van het verslag.....	5
2 Opbouw van de dekkingsgraad	6
2.1 Balans.....	6
2.2 Financiering van de pensioenvoorziening:.....	7
2.2.1 Premies	7
2.2.2 Beleggingen	8
2.3 Opbouw voorziening pensioenverplichtingen.....	9
2.3.1 Pensioenrechten	9
2.3.2 Sterftetafels.....	10
2.3.3 Cashflow van de verwachte pensioenbetalingen	10
2.3.4 Contant maken van cashflows	11
2.3.5 Formule voor pensioenverplichtingen.....	12
2.4 Risicofactoren voor de hoogte van de dekkingsgraad	13
3 Berekening van de dekkingsgraad binnen Zwitserleven	18
4 Huidig waarschuwingssysteem	18
5 Bepaling van nieuwe waarschuwingsmodellen.....	18
6 Testen van de waarschuwingsmodellen.....	18
7 Conclusie.....	18
8 Literatuurlijst.....	18
9 Bijlagen	19
9.1 Meten van het renterisico	19
<vertrouwelijk>.....	21

In dit hoofdstuk introduceren we Zwitserleven en zullen pensioenen kort belicht worden. Hierna geven we de probleemstelling van het onderzoek, waarin we de aanleiding en de doelstelling van de stage beschrijven. Als laatste geven we een korte opbouw van het verdere verslag.

1 Introductie

1.1 Zwitserleven

Zwitserleven is de pensioenverzekeraar van Nederland en heeft als missie: mensen in staat te stellen om financieel onbezorgd van later te kunnen genieten. Zwitserleven is per 29 april 2008 onderdeel van de Nederlandse bankverzekeringsgroep SNS Reaal. Voor deze overname was Zwitserleven onderdeel van de Zwitserse levensverzekeraar Swiss Life. Zwitserleven biedt een breed scala aan financiële producten, niet alleen levensverzekeringen en pensioenen, maar ook hypotheek en vermogensbeheer. Zwitserleven is gevestigd in Amstelveen en heeft ongeveer 800 mensen in dienst verdeeld over vier divisies en verschillende stafafdelingen. De vier pijlers van de organisatie zijn: Marketing & Sales, Customer Services, Technologie & Implementatie en Financiën.

1.2 Pensioenen

Onder pensioenen vallen niet alleen voorzieningen die uitkeren na het bereiken van de pensioenleeftijd, maar ook uitkeringen aan nabestaanden na overlijden en sommige uitkeringen na arbeidsongeschiktheid. Het Nederlandse pensioensysteem kent drie pijlers. Verplichte sociale verzekeringen zoals de Algemene Ouderdomswet (AOW) en Algemene Nabestaandenwet (ANW), welke voorzien in de minimale levensbehoeften. De tweede pijler zijn de werknemerspensioenregelingen, welke door werknemers en werkgevers worden opgebouwd om de eerste pijler te ondersteunen. De contributies, uiteindelijke hoogte en regelingen verschillen per werknemer. Vaak wordt de pensioenregeling collectief geregeld per onderneming of bedrijfstak. De laatste pijler zijn de individuele aanvullende voorzieningen zoals levensverzekeringen en gespaard vermogen.

Als pensioenverzekeraar biedt Zwitserleven producten aan bedrijven ter ondersteuning van de werknemerspensioenregelingen en biedt aanvullende regelingen voor de derde pijler aan particulieren. Zwitserleven biedt defined benefit (DB) en defined contribution (DC) regelingen. Bij een DC regeling heeft de deelnemer een vaste contributie en is de deelnemer zelf verantwoordelijk voor de manier van beleggen. De deelnemer draagt ook het risico van de beleggingen, de hoogte van de uiteindelijke uitkering hangt af van het behaalde rendement op de beleggingen en de rentestand. Bij een DB regeling, garandeert Zwitserleven de hoogte van de uitkering, maar de hoogte van de contributie fluctueert afhankelijk van de levensverwachting en het behaalde rendement op de beleggingen.

1.3 Probleemstelling

De stageopdracht komt voort uit de ontwikkeling van een nieuw product voor de klanten. Met dit nieuwe product wil Zwitserleven de Separate Accounts de mogelijkheid bieden om een pensioenverzekering op fair value basis (marktwaarde) af te sluiten. In dit product zullen alle onderdelen op fair value basis berekend worden, waar in de oude situatie hoofdzakelijk berekend werd aan de hand van een vaste rekenrente van 3% of 4%. Wanneer rond 2012 het Solvency II raamwerk ingevoerd wordt, worden verzekeraars verplicht de berekeningen uit te voeren op marktwaarde basis. De nieuwe manier van berekenen heeft impact op de waardering van de verplichtingen, bezittingen, premies en de dekkingsgraad. Ook zal in dit product het waarschuwingbeleid, indexatie beleid, bufferbeleid en beleggingsbeleid mogelijk veranderen. Het product moet aantrekkelijk en vooral helder worden voor klanten, omdat de berekeningsmethodes voor de oude producten vaak onbegrijpelijk waren voor klanten.

Het doel van de stage was om een gefundeerd advies te geven voor nieuwe waarschuwingniveaus die gebruikt worden in het waarschuwingssysteem, welke berekend moeten worden op fair value basis. De niveaus moeten het risico van onderdekking voor Zwitserleven beperkt houden, omdat deze garantie bieden op de hoogte van de pensioenuitkeringen. Hiernaast moet het aantrekkelijk en helder zijn voor de Separate Accounts. <vertrouwelijk> Het idee achter het waarschuwingssysteem is het voorkomen dat de dekkingsgraad onder het kritieke niveau van 100% komt <vertrouwelijk>. Analyse en optimalisering van de waarschuwingsmethodiek is van belang om het risico voor Zwitserleven in te perken en een helder en begrijpelijk beleid naar de klant te voeren waarbij de klant zo min mogelijk ongemak heeft. Het probleem is tweeledig, als we de methodiek strenger maken is het voor klanten minder aantrekkelijk, maar is het risico voor Zwitserleven lager. Als we de methodiek zwakker maken is het interessant voor de klanten, maar is er een groter risico tot onderdekking.

1.4 Opbouw van het verslag

<vertrouwelijk>

In dit hoofdstuk laten we zien hoe de dekkingsgraad is opgebouwd en welke risicofactoren invloed hebben op de hoogte van de dekkingsgraad, zodat we deze informatie later mee kunnen nemen bij de ontwikkeling van een nieuw waarschuwingsmodel. Hiertoe introduceren we de balans en benoemen de onderdelen: bezittingen, verplichtingen en buffer. We leggen uit hoe deze onderdelen opgebouwd zijn en gewaardeerd worden en hoe ze kunnen veranderen. Als laatste belichten we de risicofactoren die bepalend kunnen zijn voor de dekkingsgraad.

2 Opbouw van de dekkingsgraad

De dekkingsgraad van een pensioenfonds is een indicator van de vermogenspositie en solvabiliteit van het fonds. De dekkingsgraad is gedefinieerd als de bezittingen gedeeld door de voorziening pensioenverplichtingen. Bij een dekkingsgraad hoger dan 100%, is er een positieve buffer en kan het pensioenfonds (op lange termijn) volledig aan zijn verplichtingen voldoen en wordt het solvabel genoemd. Bij een dekkingsgraad lager dan 100% is er een negatief verschil en is er sprake van een dekkingstekort.

De risico's die leiden tot een te lage dekkingsgraad komen voort uit de twee onderdelen van de definitie van de dekkingsgraad, namelijk de bezittingen en verplichtingen en de nauwkeurigheid van hun berekening. Niet alleen vanuit de concurrentiepositie, de financiële gezondheid van Zwitserleven, maar ook vanuit het maatschappelijk belang is het van groot belang deze risico's goed te managen en monitoren.

Separate Account

<vertrouwelijk>

2.1 Balans

De balans is een momentopname en wordt gebruikt in de financiële verslaglegging om een overzicht te geven van de bezittingen, de schulden en het eigen vermogen van een onderneming. De bezittingen staan aan de activa kant van de balans ook wel debet kant genoemd. De rechterkant van de balans bestaat uit de schulden en het eigen vermogen en wordt ook wel passiva of creditzijde genoemd.

Beide zijden van de balans moeten altijd in evenwicht zijn, dit betekent dat de totale activa en de totale passiva gelijk moeten zijn. Omdat de balans een momentopname is moeten de onderdelen gewaardeerd worden op hun huidige waarde, dit wordt contant maken genoemd voor de vastrentende waarden en pensioenverplichtingen.

Tabel 2.1: Versimpelde weergave van een balans

Activa (debet)	Passiva (credit)
Vast: Grond, gebouwen en machines Langlopende investeringen Goodwill, octrooien en patenten	Eigen Vermogen: Voorzieningen: Lang vreemd vermogen:
Vlottend: Vorraden Debiteuren Effecten Liquide middelen	Kort vreemd vermogen:
Totaal activa:	Totaal passiva:

De activa worden onderverdeeld in vaste activa en vlottende activa. Vaste activa zijn de bezittingen die nodig zijn voor de bedrijfsvoering en dit vermogen is langer dan een jaar vastgelegd. Vaste activa zijn weer onderverdeeld in materiële, immateriële en financiële activa. Vlottende activa zijn bezittingen waarvoor het vermogen korter dan een jaar is vastgelegd, welke dus binnen een jaar omgezet kunnen worden in contanten.

De passiva zijn onderverdeeld in het eigen vermogen en schulden. Het eigen vermogen is het bedrag dat bij liquidatie van de onderneming resteert. Voorzieningen zijn een geschatte post voor onafwendbare toekomstige kosten, zoals groot onderhoud aan het bedrijfspand of uitbetaling van de pensioenen in eigen beheer. Het kort en lang vreemd vermogen zijn schulden met respectievelijk een looptijd die korter is dan een jaar, dan wel langer dan een jaar.

Balans Separate Account

<vertrouwelijk>

2.2 Financiering van de pensioenvoorziening:

2.2.1 Premies

De premies die betaald moeten worden ter financiering van de pensioenen zijn voornamelijk gerelateerd aan de hoogte van het pensioen, het risico dat Zwitserleven loopt en de voorkeuren van de Separate Account. De premie kan afhangen van het beleggingsbeleid, het bufferbeleid, het garantiebeleid, de pensioenvorm en opbouw en de uitvoeringskosten.

<vertrouwelijk>

Er zal premie betaald moeten worden ter financiering van de opbouw van het pensioen. Deze premie hangt af van de hoogte van het pensioen, de snelheid waarmee het opgebouwd moet worden, het verwachte rendement op de beleggingen en het rente tarief dat gehanteerd wordt voor het contant maken van de verplichtingen. Bij een hoog rentetarief zal de contante waarde lager zijn en zal er dus ook minder premie afgedragen moeten worden. Het contant maken zal in paragraaf 2.3 uitgebreid behandeld worden.

Verzekeraars kunnen een garantiepremie heffen voor de garantie op pensioenbetaling die wordt gegeven aan de klant in het geval van onderdekking. De klant krijgt met deze garantie in feite een complexe putoptie op alle risico's die nu overgeheveld zijn naar de verzekeraar. Dit zijn onder meer het beleggingsrisico, het kredietrisico, het renterisico en het verzekeringstechnisch risico.

In de premie moeten uiteindelijk ook de uitvoeringskosten en winstmarge van de verzekeraar doorberekend worden.

Om het premieniveau redelijk constant te houden, kan er gekozen worden om een bestemmingspremie in te voeren. Deze premie kan later aangewend worden ter financiering van indexaties of versterking van de buffers. De bestemmingspremie fluctueert veel, maar zorgt ervoor dat het cumulatief van de premies constant blijft.

Extra stortingen

Een klant kan overgaan tot het maken van extra stortingen als er salaris inkoop nodig is, de kapitaalbuffers in gevaar komen, om later lagere premies te kunnen betalen of als de klant extra of achtergestelde indexatie wil toekennen aan zijn individuele deelnemers.

2.2.2 Beleggingen

<vertrouwelijk>

Derivaten

<vertrouwelijk>

Waardering van beleggingen

Waardering van de vastrentende waarden gebeurt op basis van de contante waarde en de waardering van de aandelen- en vastgoedfondsen is op basis van de laatste transactiewaarde. De contante waarde van de obligatie (2.3) volgt uit de waardering voor de kasstromen, waarbij in iedere periode t de coupon uitbetaald wordt en aan het eind van de looptijd de uitbetalingswaarde (par). Deze uitbetalingen worden contant gemaakt met behulp van de rentecurve i_t .

$$PV = \sum_{t=1}^N \frac{Coupon_t}{(1+i_t)^t} + \frac{Par}{(1+i_N)^N} \quad (2.3)$$

In het geval dat de frequentie van de uitbetaling niet jaarlijks is, maar k keer per jaar plaatsvindt, verandert de formule voor de contante waarde naar (2.4):

$$PV = \sum_{t=1}^{N*k} \frac{Coupon_t}{(1+\frac{i_t}{k})^t} + \frac{Par}{(1+\frac{i_{N*k}}{k})^{N*k}} \quad (2.4)$$

Waardering van de derivaten kan op twee manieren plaats vinden, aan de hand van transactiepreizen of een arbitrage vrije prijs. Deze methode gaat ervan uit dat er geen risico vrije winsten behaald kunnen worden uit de onderliggende belegging. Als in de praktijk deze winsten wel bestaan, zullen ze uitgebuit worden totdat de mogelijkheden uitgeput zijn en de waarde van de belegging weer op een arbitrage vrije prijs ligt. Het meest bekende model voor optiewaardering dat hierop gebaseerd is, is het Black-Scholes model.

2.3 Opbouw voorziening pensioenverplichtingen

De pensioenverplichtingen worden weergegeven als een voorziening. Er is namelijk een zeer hoge kans dat deze uitbetaald moeten worden, maar de uiteindelijke hoogte staat nog niet vast. Zwitserleven is, onder een garantiecontract voor Separate Accounts, als pensioenverzekeraar verantwoordelijk voor het uitkeren van de pensioenen, ook als er een tekort ontstaat. De voorziening van de pensioenverplichtingen is de contante waarde van de verwachte pensioenbetalingen. Deze verwachte betaling is opgebouwd uit de pensioenrechten, welke gewogen worden aan de hand van de sterftetafels.

2.3.1 Pensioenrechten

Het uiteindelijk uit te keren pensioen, welke de pensioenrechten genoemd worden, hangt onder andere af van de pensioenregeling (middelloon of eindloon) die getroffen is door de SA met de werknemers, het aantal dienstjaren en de indexatiepolicy die toegepast wordt. Het eenvoudigste systeem is een eindloonregeling. Hierbij is het uiteindelijke pensioen een percentage van het laatst verdiende loon. In dit systeem tellen salarisverhogingen voor de volle 100% mee in het uiteindelijke pensioen, wat tot aanzienlijke lasten kan leiden. Bij een middelloonregeling wordt de uiteindelijke hoogte van het pensioen bepaald door een gewogen gemiddelde op basis van alle salarissen. Hierdoor komen salarisverhogingen alleen ten goede voor de toekomstige opbouw van het pensioen en hebben ze geen invloed op het in het verleden opgebouwde pensioen. Bij een middelloonsysteem zijn de schokken op het pensioen door salarisverhoging veel gematigder dan bij een eindloonsysteem. Het nadeel voor de werknemer is echter wel dat zijn pensioen bij een middelloonsysteem in de meeste gevallen lager zal uitvallen dan bij een eindloonregeling.

Indexatie van de pensioenrechten

Indexatie is het periodiek toekennen van een toeslag op de vergaarde pensioenrechten om de reële waarde van het pensioen te behouden. Als er voor een duur van 40 jaar geen indexatie toegekend zou worden, heeft het uiteindelijke pensioen ongeveer nog maar 30% van zijn waarde. Voor het toekennen van indexatie zijn er twee basissen: welvaartsvast en waardevast. Een pensioen is waardevast als de opslag gekoppeld is aan de prijsontwikkeling. Dit pensioen zal meestijgen met de inflatie en altijd zijn koopkracht behouden. Een pensioen wordt welvaartsvast genoemd als deze gekoppeld is aan de loonontwikkeling van de sector waarvoor de verzekeraar opereert. De inflatie cijfers worden elk kwartaal door het CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek) gepubliceerd in het CPI cijfer (consumer price index).

De basis van de toegekende indexatie hangt af van de groep waarin de verzekerde zich bevindt. Inactieven zijn de personen die geen pensioenpremies meer betalen aan Zwitserleven, maar waarvoor het pensioen nog niet is ingegaan. De groep inactieven en de groep ingegane pensioenen worden waardevast gecompenseerd, bij indexatie zal de hoogte

van hun uitkering gekoppeld zijn aan de prijsontwikkelingen. Voor de groep actieven gebeurt dit op basis van de loonontwikkelingen, waardoor hun pensioen tot uitdiensttreding welvaartsvast is. Echter er wordt onderscheid gemaakt tussen het gebruik van een middelloon en een eindloon systeem. Bij het gebruik van een eindloon systeem is er meestal geen inflatiecompensatie benodigd, omdat de salarissen meestijgen met de inflatie. Hierdoor zal ook het uiteindelijk uitgekeerde pensioen ieder jaar meestijgen met de inflatie. Bij een middelloon systeem stijgen de salarissen ook ieder jaar, maar omdat deze stijging alleen meegenomen wordt voor de toekomstige pensioenopbouw, verliest deze persoon dus koopkracht over zijn al opgebouwde rechten. Voor de opgebouwde rechten is dus inflatie compensatie nodig, omdat anders de waarde van het pensioen sterk vermindert. Door de teruglopende economie en toenemende vergrijzing is het niet meer mogelijk dat de pensioenfondsen onconditioneel indexeren. De meeste fondsen zijn overgegaan op een voorwaardelijk systeem en indexeren alleen nog maar als de middelen van het fonds dat toelaten. In de meeste gevallen wordt er gekeken of de buffer van voldoende omvang is om te kunnen indexeren, zonder het uitbetalen van de toekomstige verplichtingen in gevaar te brengen. In de conditionele indexatie kan ook opgenomen worden dat er maar een gedeelte van de prijs- of loonontwikkeling geïndexeerd wordt, dat bij beperkte middelen alleen het pensioen van de inactieven geïndexeerd worden of dat er extra geïndexeerd wordt ter compensatie van de vorige periodes. De voorwaarden, hoogte en de soort indexatie worden samen de indexatiepolicy genoemd.

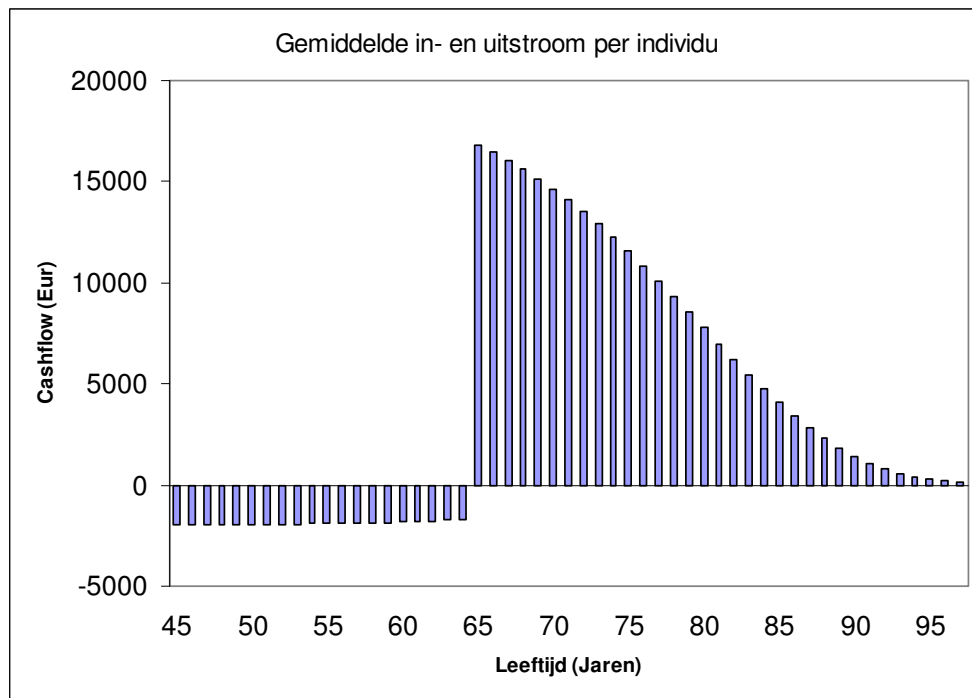
2.3.2 Sterftetafels

Om een reële inschatting te kunnen maken van de toekomstige pensioenverplichtingen zijn sterftetafels noodzakelijk. In deze tafels staan de meest relevante statistieken van het afstervingsproces van de bevolking, zoals de sterfte- en overlevingskansen en de levensverwachting. In de tabellen wordt onderscheid gemaakt tussen mannen en vrouwen, maar er kunnen hiernaast ook risicofactoren meegenomen worden zoals beroep, leefomgeving en gezondheid. De sterftetafels voor de Nederlandse bevolking kunnen om de 5 jaar verkregen worden bij het actuariële genootschap. Er kan ook gekozen worden om zelf een zo goed mogelijke inschatting te maken en extra risico factoren mee te nemen. Zwitserleven maakt gebruik van aangepaste sterftetafels om zo een zo betrouwbaar mogelijke schatting te krijgen.

2.3.3 Cashflow van de verwachte pensioenbetalingen

Een cashflow grafiek laat de verwachte toekomstige uit te keren stromen van geld zien. Aan de hand van de pensioenrechten en de overlevingskansen kunnen we een cashflow grafiek opzetten. In Grafiek 2.1 zien we een voorbeeld van een theoretische cashflow voor een individuele deelnemer van 45 jaar. Deze deelnemer betaalt tot zijn 65^{ste} ieder jaar 2.000 euro en ontvangt daarvoor 20.000 euro pensioen per jaar vanaf zijn 65^{ste}. Zoals blijkt uit de cashflow is de verwachte uitbetaling bij 65 jaar voor het pensioenfonds geen 20.000 euro maar 16.800 euro. Aangezien er een kans van 16% bestaat dat deze persoon de leeftijd van 65 jaar niet bereikt is de verwachte cashflow in dat jaar ook 16% lager. De overlevingskansen zorgen ervoor dat op individuele basis de verwachte kas in- en uitstromen lager zijn dan wanneer deze persoon daadwerkelijk die leeftijd bereikt zou hebben. Als nu de overlevingskansen toenemen, zal ook de verwachte uitbetaling toenemen en moet de voorziening verhoogd worden.

Grafiek 2.1: Cashflow individu



<vertrouwelijk>

2.3.4 Contant maken van cashflows

De cashflow geeft de verwachte kasstromen van de toekomstige verplichtingen. Om nu een voorziening vast te stellen, moeten we het bedrag bepalen dat we nu moeten reserveren om in de toekomst aan de verplichting te kunnen voldoen. Het berekenen van de contante waarde van deze toekomstige stromen wordt contant maken of verdisconteren genoemd. Dit contant maken kan op twee manieren gedaan worden, aan de hand van een vaste rekenrente of aan de hand van een marktrente. Er kan ook gebruik gemaakt worden van de reële rente als voet van het contant maken, maar dit komt in de praktijk weinig voor.

De formule voor het contant maken is weergegeven in formule (2.1). Hierin is PV (present value) de contante waarde, CF_t (cash flow) de kasstroom in jaar t , t de tijd in jaren en i_t de disconteringsvoet als percentage in jaar t .

$$PV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i_t)^t} \quad (2.1)$$

Rekenrente

Bij het gebruik van de rekenrente wordt het rentepercentage voor lange tijd als constant verondersteld. In de praktijk wordt meestal een 3% of 4% rekenrente gehanteerd. Dit sluit echter niet goed aan op de werkelijkheid, omdat het renteniveau fluctueert. Door deze fluctuaties worden de risico's verkeerd geschat. Een lagere werkelijke rente dan de

rekenrente leidt tot onderschatting van de huidige waarde van de verplichtingen en kan dan leiden tot een te risicovol beleggingsbeleid. Een hogere werkelijke rente resulteert in een overschatting van de verplichtingen en mogelijk een te veilig beleggingsbeleid.

Marktrente

Als voor de disconteringsvoet de marktrente gebruikt wordt, moet een zo goed mogelijke benadering gezocht worden met de werkelijke rente. In plaats van het gebruik van een constante rente, wordt nu een rentecurve geschat, die een zo goed mogelijke ontwikkeling van de toekomstige rente weergeeft. Deze rentecurve kunnen we iedere nieuwe periode opnieuw berekenen om zo de laatste informatie mee te nemen. We kunnen de rentecurve ook variëren aan de hand van het financiële middel dat we contant willen maken. Omdat de risico's van de verschillende financiële beleggingen verschillen, willen we dit relateren aan een curve die dit risico matched.

Bij een hoog risico van het niet nakomen van de betalingsverplichtingen aan Zwitserleven, zoals bij subprime hypotheek en obligaties van bedrijven met een lage rating, is er ook een hoger rendement vereist. Hoe hoger het risico is, des te hoger de vereiste rentebetaling zal zijn. Als we deze risicovolle leningen contant maken aan de hand van een lage vaste rekenrente, of risicoloze rentecurve krijgen we een vertekend beeld ten opzichte van leningen met andere risicoprofielen. Hierdoor wordt het risico niet goed meegenomen in de contante waarde en kunnen de leningen in verschillende risicogroepen niet goed vergeleken worden. Daarom is het gewenst om voor de verschillende groepen een relevante rentecurve te kunnen gebruiken. Voor leningen met een laag risico, zoals staatsobligaties en deposito's kunnen we een rente curve gebruiken die is gebaseerd op de rentetermijnstructuur van de staatsobligaties. Als we iets meer risico hebben in de bezittingen kunnen we de swap rentetermijnstructuur van DNB gebruiken. Deze rente curve is vanuit het FTK vereist om de verplichtingen te waarderen. Als we nog risicvollere leningen aangaan, kunnen we gebruik maken van een specifieke kredietopslag te gebruiken op de staatsobligatiecurve. Hiernaast zijn er enorm veel rentecurven beschikbaar, het hangt van de situatie af welke het meest relevant is.

De uitdaging is om het verloop van de rentecurven goed te voorspellen. Hiervoor zijn vele rentemodellen ontwikkeld, waarvan de belangrijkste de Nelson-Siegel methode is, andere modellen zijn ontwikkeld door Cox-Ingersoll-Ross, Hull-White, Vasicek en Black.

2.3.5 Formule voor pensioenverplichtingen

We kunnen aan de hand van de verwachte cashflows en de rentecurve een formule opzetten voor de contante waarde van de verplichtingen (2.2). Hierin is t het tijdstip waarop de verplichtingen vastgesteld worden, k geeft een individuele deelnemer weer, die nu leeftijd l_k heeft, opgebouwde pensioenrechten $Recht_k$ heeft en overlevingskans $p_{l_k}^i$ om bij huidige leeftijd l_k , in het jaar i nog in leven te zijn. Jaar i geeft het moment weer vanwaar de deelnemer gebruik zal maken van zijn pensioenrechten. In deze formule heeft de deelnemer recht op een pensioen vanaf zijn 65^{ste} levensjaar en dus zal er tot het moment $65 - l_k$ geen pensioenrecht uitbetaald te hoeven worden voor deze deelnemer. Alle rechten worden contant gemaakt met rentevoet r_i voor het corresponderende jaar. De indexatiepolicy komt niet direct terug in deze formule, omdat deze is verwerkt in de opgebouwde rechten van de deelnemers.

$$pensioenverplichtingen = \sum_{\forall k} \sum_{i=\max(1,65-l_k)}^{\infty} \frac{Recht_k * p_{l_k}^i}{(1+r_i)^i} \quad (2.2)$$

2.4 Risicofactoren voor de hoogte van de dekkingsgraad

Rente risico

De contante waarde van verplichtingen, obligaties, leningen en deposito's wordt bepaald door de verhouding van de couponrente die dit financiële middel uitbetaalt en een vergelijkbare huidige marktrente. Als je een obligatie of deposito afsluit is dit meestal voor meerdere jaren. Als in de tijd tussen het afsluiten en het aflopen de rente stijgt, is dit nadelig omdat je meer rente had kunnen krijgen als het geld vanuit de obligaties en deposito's nu opnieuw belegd kan worden. Bij een dalende rente is het juist voordelig als het geld belegd is in een langlopende vast rentende waarde met een hogere couponrente. Het renterisico heeft als er geen adequate maatregelen getroffen worden de meeste impact op het pensioenfonds of verzekeraar. Door kleine fluctuaties in de rentestand kunnen enorme verschillen ontstaan tussen de beleggingen en verplichtingen. Als de rente stijgt (daalt) dan daalt (stijgt) de waarde van de verplichtingen. De contante waarde van de obligaties zal in de meeste gevallen ook meebewegen, maar door het lagere volume van de obligaties zal deze beweging een stuk kleiner zijn. Hierdoor zal er alsnog een groot verschil ontstaan. Dit renterisico wordt in bijlage 9.1, nader uitgelegd aan de hand van de maatstaven duration en convexity. Om dit risico te beheersen zal gekeken moeten worden naar de duration mismatch en mogelijk ook de convexity mismatch tussen de bezittingen en verplichtingen. Door deze mismatch te minimaliseren zal ook het renterisico sterk afnemen of verdwijnen. Een nadeel is dat hierdoor weinig ruimte overblijft om te beleggen in niet-vastrentende waarden, waardoor de potentiële hogere rendementen van de portefeuille afnemen.

<vertrouwelijk>

Inflatie risico

Inflatie is gedefinieerd als de stijging in prijs van een bepaalde groep goederen en services en wordt weergegeven in het Consumenten prijsindex cijfer (CPI). Inflatie heeft twee mogelijke oorzaken, een kostenstijging in de productie van de goederen of services of een toegenomen vraag naar de producten of services.

Inflatie zal opnieuw sterk in de belangstelling komen te staan door de sterke groei in opkomende economieën zoals India en China, waardoor voedselprijzen, energieprijzen en de prijzen van de voorheen goedkope import goederen uit deze landen zullen stijgen.

Daarnaast krijgen we te maken de vergrijzing van het Nederlandse bevolkingsbestand.

Hierdoor zal er een shift plaatsvinden van kapitaal naar consumptie en zal door het kleiner wordende werknemersbestand de loonkosten van de Nederlandse bedrijven stijgen.

Het inflatierisico komt voort uit een hoge inflatieontwikkeling. Door inflatie devalueert al het huidige kapitaal. Bij een te hoge inflatie zal (volledig) indexeren niet meer haalbaar zijn en de reële waarden van de pensioenen zullen dalen.

Dit risico kan gedeeltelijk verminderd worden door te beleggen in commodities. Omdat deze gedeeltelijk bepalend zijn voor de inflatie, zal de waarde hiervan meebewegen met de inflatie. Hetzelfde argument geldt voor beleggingen in onroerend goed, al zijn deze minder

liquide dan commodities, waardoor er weer een ander risico ontstaat. Aandelen zijn alleen een goede inflatie hedge als je kijkt naar de lange termijn.

Hiernaast is het beleggen in indexleningen de eenvoudigste manier om het inflatie risico te verminderen, aangezien de waarde van een indexlening mee stijgt met de inflatie. Een andere en meestal duurdere methode is het aangaan van inflatie swaps.

<vertrouwelijk>

Krediet risico

Het kredietrisico is het risico dat een tegenpartij contractuele of andere overeengekomen verplichtingen niet kan voldoen. Dit kan tijdelijk van aard zijn, zoals een uitgestelde betaling of het kan een permanent karakter hebben zoals een faillissement. Voor alle partijen waarvan Zwitserleven financiële producten afneemt loopt ze het risico dat de tegenpartij niet meer aan zijn verplichtingen kan voldoen. Dit risico is niet aanwezig aan de verplichtingenzijde, maar des te belangrijker bij de beleggingen. Het kredietrisico komt terug in de obligaties, leningen, banktegoeden en derivaten. In de aandelen valt het onder het aandelen risico. Voor het aangaan van een hoger kredietrisico wordt ook een hoger rendement verwacht op het financiële middel. Overheidsobligaties worden gezien als het veiligste en hebben hierdoor ook het laagste rendement. Bedrijfsobligaties zijn risicovoller en hierdoor zal het rendement ook hoger moeten zijn.

Het kredietrisico is van groot belang in de huidige crisis. Banken en hypotheekverstrekkers zijn risico volle leningen aangegaan en hebben deze in pakketten (CDO's, CMO's) verkocht aan andere instellingen. Door de complexe samenstelling van deze pakketten is het voor de andere partijen niet goed mogelijk om een inschatting te maken van de risico's en zijn ze ver doorgedrongen in het financiële systeem. Omdat niemand meer goed kon inschatten waar de risicovolle leningen zich bevonden en of de tegenpartijen nog sterk genoeg waren om aan hun verplichtingen te voldoen, is het onderlinge vertrouwen ver gedaald, waardoor de financiële instellingen niet meer aan elkaar willen uitlenen. Door deze creditcrunch is een groot aantal bedrijven in liquiditeitsproblemen gekomen en zijn er grote instellingen failliet gegaan, omdat ze niet meer aan hun korte termijn verplichtingen konden voldoen en de pakketten met leningen veel lager gewaardeerd werden dan de aankoopwaarde.

Kredietrisico kan erg laag zijn, maar als de tegenpartij failliet gaat, zijn de gevolgen ook erg groot en bij faillissement van een grote instelling kan dit een sneeuwbal effect hebben. Om dit kredietrisico tegen te gaan, zijn er Credit Default Swaps (CDS) ontwikkeld. Bij deze derivaten betaalt de uitgever de hele waarde van het aangegane risico van de afnemer bij een derde partij terug als deze failliet gaat. Hiertegenover staat een periodieke premie die betaald wordt door de afnemer aan de uitgever. Door het aangaan van deze swaps kan het kredietrisico afgedekt (verplaatst) worden. Echter het grote nadeel is dat deze swaps ook verkocht kunnen worden zonder dat er daadwerkelijk een lening uit hoeft te staan bij een derde partij. Hierdoor is de omvang van deze swaps vele malen groter dan de feitelijk uitstaande bedragen bij bedrijven en biedt dit grote mogelijkheden voor speculanten. Bij faillissement van de derde partij zal hoogstwaarschijnlijk ook de uitgever van de Credit Default Swaps in problemen komen door de hoogte van de verplichtingen die dat met zich meebrengt, waardoor de swap ook waardeloos kan worden.

Liquiditeitsrisico

Liquiditeitsrisico is het risico dat op korte termijn niet voldaan kan worden aan de verplichtingen, wat zelfs faillissement tot gevolg kan hebben. Liquiditeitsproblemen kunnen ontstaan doordat de cashflows niet goed op elkaar aansluiten. Een financiële instelling kan (onverwachte) korte termijn verplichtingen hebben, terwijl de bezittingen voor langere termijn vaststaan. Deze korte termijn verplichtingen kunnen voldaan worden door het aangaan van leningen en door deze op lange termijn terug te betalen. Hiernaast kan ook op korte termijn het rendement teruglopen, waardoor de kredietwaardigheid kan teruglopen en andere instellingen minder snel geneigd zullen zijn om leningen te verstrekken, wat weer kan leiden tot problemen in de financiering van de verplichtingen. Liquiditeitsrisico kan tegengegaan worden door het goed laten aansluiten van de cashflows en het aanhouden van een geldbuffer met geen of een hele korte looptijd.

<vertrouwelijk>

Herfinancieringsrisico

Dit is het risico dat bij het aflopen van leningen en contracten de verlenging of het nieuwe contract nadelig is voor de pensioenverzekeraar. Het rendement op obligaties kan sterk gedaald zijn, waardoor na het aflopen het rendement van de bezittingen sterk kunnen teruglopen. Bij geleend geld is dit risico omgekeerd, als de rente sterk stijgt, zal er meer betaald moeten worden voor het afsluiten van een vervolglening. Soms is de rente zo sterk gestegen of de kredietwaardigheid zo sterk gedaald dat deze vervolgleningen niet meer afgesloten kunnen worden, wat kan leiden tot liquiditeitsproblemen.

Volatiliteit risico

Over het algemeen wordt het risico van een financieel middel gemeten aan de hand van de volatiliteit. De waarden van risicovolle beleggingen kan op korte termijn sterk fluctueren waardoor er kans bestaat op (tijdelijke) onderdekking. Door strenge regelgeving kan dit leiden tot de verkoop van deze risicovolle beleggingen om weer aan de vereiste buffers te kunnen voldoen. Als deze beleggingen gespitst zijn op de lange termijn is dit extra nadelig, omdat er een verlies genomen moet worden en het rendement op de lange termijn verlaagd wordt.

Aandelen risico

Naast vastrentende waarden vormen aandelen het grootste gedeelte van de beleggingsportefeuille. Het individuele risico op de aandelen is een stuk groter dan op vastrentend, maar hiertegenover staat ook een hoger potentieel rendement. Het risico van zakelijke waarden wordt gemeten aan de hand van de volatiliteit. Deze volatiliteit in de aandelen waarden kan veroorzaakt worden door macro-economische factoren en bedrijfsspecifieke factoren. Bij een hogere volatiliteit worden zeer negatieve scenario's aannemelijker. Er kan een lange termijn verlies optreden en het aandeel zelfs waardeloos kan worden door faillissement van de uitgever. Hiernaast is een belangrijk component van de aandelen de dividenduitkering. Bij een teruglopende economische situatie zal het dividend en hiermee het rendement ook afnemen. Door het lagere rendement kan het ongunstig zijn om vanuit risk-return oogpunt aandelen aan te houden. Door de beleggingsportefeuille sterk te diversificeren kan het risico teruggebracht worden. Echter er blijft altijd een groot gedeelte systematisch risico over. Omdat aandelen niet

gewaardeerd worden met behulp van cashflows maar op de laatste verhandelkoersen is er een andere methode nodig om dit risico te beheersen. Door het kopen van puts kan ook het aandelen risico (voor korte termijn) worden tegengegaan. Een put verzekert de koper van een minimum waarde voor het aandeel, echter hier dient een premie voor betaald te worden. In een stijgende aandelenmarkt heeft de put geen waarde, maar in een dalende aandelenmarkt ontstaat er kredietrisico van de uitgevende partij. In de praktijk wordt veelal gekozen voor het aanhouden van een extra buffer om een mogelijke daling te kunnen compenseren. De hoogte van de buffer kan bepaald worden aan de hand van de waarde van de aandelen, het gemiddelde rendement, de volatiliteit en liquiditeit.

<vertrouwelijk>

Verzekeringstechnisch risico

Dit risico is de verzameling van de negatieve resultaten van de actuariële grondslagen die aan de basis liggen van de waardering van de verplichtingen en bepalend zijn voor de hoogtes van de premies en technische voorzieningen. Het belangrijkste risico dat hier onder valt is het langlevensrisico. Dit is het risico dat de levensverwachting van de verzekerden hoger is dan voorzien tijdens de opbouw van het pensioen. Hierdoor zal er langer een pensioen uitbetaald moeten worden, waardoor de verplichtingen hoger uitvallen. Hiernaast omvat dit ook het waarderingsrisico van het gebruik van verkeerde modellen of aannames bij de bepaling van de bezittingen en verplichtingen. Het langlevensrisico wordt door Zwitserleven zoveel mogelijk beperkt door het gebruik van de nieuwste informatie op het gebied van sterfteontwikkeling. Als de levensverwachtingen groter wordt, zal ook de premie omhoog gaan voor alle toekomstige betalingen. Echter over de rechten die in het verleden zijn opgebouwd wordt wel risico gelopen, omdat de verzekeraar deze langer dan vooraf geschat door zal moeten betalen. Dit risico kan in de dekkingsgraad berekening meegenomen worden door middel van een extra voorziening naast de pensioenverplichtingen.

<vertrouwelijk>

Commoditie risico

Onder commodities vallen grondstoffen en bulkgoederen. De kracht van commodities is dat deze meebewegen met de inflatie, omdat de inflatie gedeeltelijk gebaseerd wordt op de grondstof prijzen.

<vertrouwelijk>

Onroerend goed risico

Onroerend goed kan gesplitst worden in twee delen, direct en indirect onroerend goed. Indirect onroerend goed zijn aandelen of participaties in vastgoedfondsen. De structuur van deze belegging is vergelijkbaar met aandelen en ook onderhevig aan dezelfde risico's. Direct onroerend goed is een investering in fysiek onroerend goed, zoals woningen, kantoren en winkelcentra. Kenmerkend voor direct onroerend goed is het grote liquiditeitsrisico, immers het kan erg lang duren voordat het direct onroerend goed verhandeld is. De gebrekkige liquiditeit leidt tot een zeer laag aantal verhandelpunten, waardoor de waarde tussen deze punten niet bekend is. Deze werkelijke waarde kan slechts geschat worden aan

de hand van taxatiewaarde. Hierdoor zal de data een te afgevlakt beeld geven van de waarde, waardoor de volatiliteit te laag geschat kan worden. Hiernaast is er voor direct onroerend goed ook calamiteiten risico, omdat het een fysiek object betreft is er kans op schade of zelfs vernietiging.

Omdat direct en indirect onroerend goed in basis twee verschillende producten zijn en hierdoor blootstaan aan verschillende risico's zullen deze apart meegenomen moeten worden in de risico berekening van het model. In de literatuur wordt veelal gekozen om indirect onroerend goed op dezelfde manier te benaderen als aandelen door middel van een buffer en eventueel een extra correctie voor de lagere liquiditeit. Direct onroerend goed is minder onderhevig aan korte termijn prijsfluctuaties, maar kent wel een hoog liquiditeitsrisico waardoor een waardedaling op (midden)lange termijn ook meegenomen moet worden in het model. Omdat deze waardedaling niet eenvoudig te voorspellen is, wordt ook hier in de praktijk meestal met een buffer gewerkt.

<vertrouwelijk>

Valuta risico

Bij het aangaan van beleggingen op beurzen en contracten met ondernemingen buiten de eurozone krijgen pensioenfondsen te maken met valuta risico. Dit risico wordt bepaald door de schommeling van de wisselkoersen ten opzichte van de euro. De schommelingen worden voornamelijk bepaald door de hoeveelheid van de valuta in omloop, de inflatie en de veilige rente. Bij een sterke inflatie of een stijging van de hoeveelheid valuta in omloop zal de reële waarde (koopkracht) van de valuta sterk afnemen. Bij een verhoging van de rente op de staatsobligaties, wordt het kopen van obligaties gestimuleerd waardoor de vraag (vanuit het buitenland) naar de valuta toeneemt en de omloophoeveelheid in systeem afneemt (geld naar overheid). Hierdoor zal de waarde van de valuta stijgen.

<vertrouwelijk>

3 Berekening van de dekkingsgraad binnen Zwitserleven

<vertrouwelijk>

4 Huidig waarschuwingssysteem

<vertrouwelijk>

5 Bepaling van nieuwe waarschuwingsmodellen

<vertrouwelijk>

6 Testen van de waarschuwingsmodellen

<vertrouwelijk>

7 Conclusie

<vertrouwelijk>

8 Literatuurlijst

<vertrouwelijk>

9 Bijlagen

9.1 Meten van het renterisico

Duration

De duration is een maatstaf voor het rente risico van financiële middelen. De belangrijkste soorten duration zijn de Macaulay duration en de modified duration. Alle durations worden gemeten in jaren.

Macaulay Duration

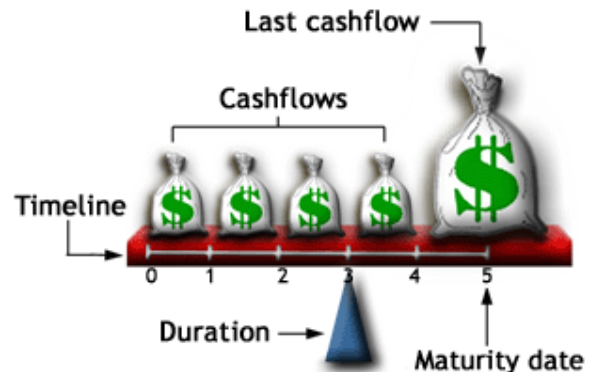
De Macaulay duration wordt vaak duration genoemd en is gedefinieerd als de gewogen gemiddelde looptijd van de cashflows en meet de gevoeligheid van de contante waarde ten opzichte van bewegingen in de rente. Bij een stijgende rente zal de contante waarde dalen en bij een dalende rente zal de contante waarde stijgen.

De Macaulay duration (2.6) wordt berekend door de contant gemaakte cashflow (2.5) te vermenigvuldigen met de tijd waarop deze plaatsvindt en dit totaal te delen door de contante waarde (PV) van het financiële middel. Dit uit zich in de volgende formule:

Figuur 9.1: Visualisatie duration
Bron: www.investopedia.com

$$PV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i_t)^t} \quad (2.5)$$

$$MacaulayDuration = \frac{\sum_{t=1}^n t * \frac{CF_t}{(1+i_t)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i_t)^t}} \quad (2.6)$$



Visueel kan de duration gezien worden als het balanspunt van de cashflows in de tijd, te zien in Figuur 9.1. In het geval dat er maar één betalingsmoment is (bij een zero-coupon bond), is de duration gelijk aan het moment in de tijd waarop deze plaatsvindt. Bij een financieel middel met meerdere cashflows kunnen we de rente gevoeligheid benaderen als een financieel middel met maar één cashflow met een looptijd ter grootte van de duration.

Modified duration

De modified duration (2.7) houdt rekening met verandering in de rente en kan direct gebruikt worden om de impact van een renteverandering op de contante prijs van een financieel middel te berekenen. De modified duration kan op twee manieren berekend worden. Vanuit de Macaulay duration of als benadering van de prijs-rente curve.

We krijgen de modified duration als we de Macaulay duration delen door de rente curve.

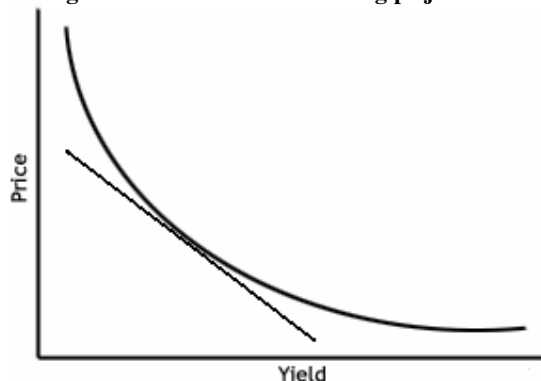
$$ModifiedDuration = \frac{MacaulayDuration}{(1+i_t)} \quad (2.7)$$

Of we kunnen de gevoeligheid van de contante prijs ten opzichte van de rente benaderen door de eerste afgeleide van de contante waarde naar de rentevoet te nemen (2.8). Als we de negatieve van dit uitdrukken als percentage van de huidige contante waarde krijgen we ook de modified duration (2.9).

$$\frac{\Delta PV}{\Delta i} = - \sum_{t=1}^n \frac{t * CF_t}{(1+i_t)^{t+1}} \quad (2.8)$$

$$ModifiedDuration = - \frac{\sum_{t=1}^n \frac{t * CF_t}{(1+i_t)^{t+1}}}{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i_t)^t}} \quad (2.9)$$

Figuur 9.2: Lineaire benadering prijs-rente curve



Door de eerste afgeleide te vermenigvuldigen met de renteverandering krijgen we de prijsverandering. We bereiken hetzelfde door de modified duration te vermenigvuldigen met de contante waarde van het financiële middel en dit weer te vermenigvuldigen met de renteverandering (2.10).

$$\Delta PV = -ModifiedDuration * \Delta i * PV \quad (2.10)$$

De duration wordt beïnvloed door het gewicht van de cashflows, de rente curve en looptijd. Een stijgende rente, een verschuiving van het gewicht van de cashflows naar de huidige tijd en een verkorting van de looptijd leiden naar een lagere duration. Andersom een dalende rente, een langere looptijd en verplaatsing van het gewicht van cashflows naar de verdere toekomst zal een hogere duration tot gevolg hebben.

De verplichtingen van een verzekeraar of pensioenfonds hebben een zeer lange looptijd en een relatief hoog gewicht van cashflows dicht bij het einde van de looptijd. Hierdoor is de duration van verplichtingen zeer hoog. Als we dit vergelijken met de duration van de bezittingen zien we meestal een groot verschil. Over het algemeen wordt aangenomen dat de duration van niet-vastrentende waarden zeer laag is. De duration van vastrentende waarden zoals obligaties en deposito's kan langer gemaakt worden als er langere looptijden aanwezig zijn.

Om het renterisico van de verplichtingen te vermijden wordt in de praktijk vaak duration matching toegepast. Duration matching is het zo goed mogelijk laten aansluiten van de duration en volumes van bezittingen en verplichtingen, zodat een verandering in de rente een zo klein mogelijke verandering in de dekkingsgraad tot gevolg heeft.

De duration geeft in één getal de rentegevoeligheid weer en is redelijk eenvoudig te bepalen. Het grootste voordeel van het gebruik van duration is dat verschillende financiële producten beter makkelijker met elkaar te vergelijken zijn, hierdoor is het een algemeen geaccepteerde methode.

Er zijn echter ook nadelen aan het gebruik van duration. Omdat de duration uitgaat van een lineaire benadering van een gekromde rente-prijs curve (Figuur 9.2), is het onnauwkeurig bij grote rente sprongen. Hiernaast kan duration alleen omgaan met parallelle bewegingen

in de rente curve. Veranderingen in de kromming van de curve kunnen niet meegenomen worden in de duration om het renterisico te berekenen.

Convexity

Om de impact van een rente verandering nauwkeuriger te benaderen proberen we ook de buiging van de curve mee te nemen. Hiervoor introduceren we de convexity. De convexity (2.12) is de gewogen tweede afgeleide (2.11) van de contante waarde van de cashflow naar de rente.

$$\frac{\Delta^2 PV}{\Delta i^2} = \sum_{t=1}^n \frac{t * (t+1) * CF_t}{(1+i_t)^{t+2}} \quad (2.11)$$

$$convexity = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{t * (t+1) * CF_t}{(1+i_t)^{t+2}}}{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i_t)^t}} \quad (2.12)$$

Nu kunnen we een betere benadering van de prijs-rente curve maken door middel van een tweede orde Taylor polynoom (2.13).

$$\Delta PV = -ModifiedDuration * \Delta i * PV + \frac{1}{2} * convexity * \Delta i^2 * PV \quad (2.13)$$

Door in plaatst van alleen duration matching ook tegelijkertijd de convexity te matchen tussen de bezittingen en verplichtingen kan de impact van de rente veranderingen nog beter bestreden worden. In de praktijk is dit echter lastiger uit te voeren, omdat het lastig is de juiste investeringen te vinden die aansluiten bij de duration en de convexity van de verplichtingen.

<vertrouwelijk>