

Economische evaluatie van klimaatverandering

ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

Erasmus School of Economics

Algemene Economie

Begeleider: Dr. H.R.J. Vollebergh

Naam: Imme Kadijk

Studentnummer: 288116

E-mailadres: 288116ik@student.eur.nl

Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	4
2.	Specifieke kenmerken van economische evaluatie van klimaatverandering.....	6
2.1	Inleiding.....	6
2.2	Kosten-batenanalyse.....	6
2.3	Tijd.....	6
2.4	Risico.....	8
2.5	Effect van hoogte van discontovoet.....	9
2.6	Ramsey vergelijking.....	10
2.7	Onzekerheid.....	12
2.8	Conclusie.....	14
3.	Gamma verdiscontering en de verschillen ten opzichte van reguliere verdiscontering.....	16
3.1	Inleiding.....	16
3.2	Gamma verdeling.....	16
3.3	Methode.....	17
3.4	Voorbeeld.....	19
3.5	Conclusie.....	21
4.	Evaluatie van gamma verdiscontering bij de economische evaluatie van klimaatverandering....	23
4.1	Inleiding.....	23
4.2	Verbeteringen door toepassing van gamma verdiscontering.....	23
4.2.1	Onzekerheid.....	23
4.2.2	Heterogene tijdspreferentie.....	24
4.2.3	Het belang van toekomstige generaties.....	25
4.2.4	Hyperbolisch verdisconteren.....	25
4.3	Complicaties bij toepassing van gamma verdiscontering.....	27
4.3.1	Waarderingsmethode.....	27
4.3.2	Allocatie van risico.....	30

4.3.3 Oplossing van tegenstrijdigheid	31
4.3.4 Tijdsinconsistentie	33
4.4 Conclusie.....	35
5. Conclusie	37
Bibliografie	40

1. Inleiding

Klimaatverandering is een onderwerp dat op globaal niveau besproken wordt. Het zorgt immers voor veranderingen in biologische structuren, welke gevolgen hebben voor de gehele wereld. Een aantal gevolgen van deze veranderingen zijn:

- Smeltende gletsjers
- Stijgende zeespiegel
- Verzuring van de oceanen
- Afnemende opbrengsten van gewassen
- Uitsterven van diersoorten
- Ondervoeding

Deze gevolgen zullen een groot effect hebben in voedselvoorziening, huisvesting en gezondheid.

Om de bovengenoemde consequenties tegen te gaan, kunnen overheden ervoor kiezen maatregelen te nemen. Deze keuze dient wel gebaseerd te zijn op een gefundeerde methode. Hiervoor kan bijvoorbeeld een maatschappelijke kosten-batenanalyse gebruikt worden. Dit houdt in dat de kosten en baten van maatregelen om klimaatverandering tegen te gaan worden geëvalueerd op hun maatschappelijk rendement. Daarbij moeten toekomstige waarden worden omgerekend naar huidige waarden.

De hoogte van de discontovoet bepaalt dus de contante waarden van kosten of baten. Hoe hoger de discontovoet, hoe lager de contante waarde van baten die zich op lange termijn voordoen. Dit wordt veroorzaakt door het effect van samengestelde interest. Het gevolg hiervan is dat men minder snel projecten zal uitvoeren om klimaatverandering tegen te gaan, omdat er sprake is van een negatieve netto contante waarde.

De vraag is in hoeverre dit een representatief beeld oplevert. Immers, de economische evaluatie van klimaatverandering kenmerkt zich door specifieke eigenschappen als risico, een groot verloop van tijd voordat gedane investeringen baten opleveren en onzekerheid. Risico zorgt ervoor dat economen met verschillende scenario's rekening moet houden. Onzekerheid brengt met zich mee dat zelfs de kansen op bepaalde scenario's onbekend zijn.

In de literatuur is hier een hevige discussie over ontstaan, met name door het rapport van Stern. Hij heeft in opdracht van de Britse overheid een economische evaluatie van klimaatverandering uitgevoerd, waarbij hij uitging van een discontovoet van 1,4%. Andere economen zijn het niet eens met de discontovoet van Stern, maar bepleiten een andere discontovoet. Nordhaus gaat uit van een discontovoet gebaseerd op de marktinterest. Als er sprake is van een perfecte economie dan zal de

discontovoet gelijk zijn aan de marktinterest of het rendement op kapitaal. Elke individu heeft volledige informatie en zal daarom een keuze maken tussen huidige en toekomstige inkomsten.¹

Om de onzekerheid omtrent de discontovoet op te lossen, is door Weitzman een voorstel gedaan om gamma verdiscontering toe te passen. Hij heeft ruim 2.000 economen gevraagd wat volgens hen de juiste discontovoet is voor de lange termijn. De antwoorden van deze economen bleken een gamma verdeling te volgen.² Omdat we niet zeker weten wat de juiste discontovoet is, neemt men bij gamma verdiscontering een gemiddelde van verschillende discontovoeten. Daardoor hanteert gamma verdiscontering, in tegenstelling tot reguliere verdiscontering, een afnemende discontovoet. Dit wordt veroorzaakt doordat de lagere discontovoeten een zwaarder gewicht krijgen naarmate er verdisconteerd wordt over een langere periode. Het gevolg hiervan is dat kosten en baten die zich in de verdere toekomst voordoen een hogere contante waarde hebben dan wanneer men gebruik maakt van reguliere verdiscontering.

Met deze bachelorscriptie wil ik onderzoeken of gamma verdiscontering wellicht bepaalde aspecten van de economische evaluatie van klimaatverandering beter representeert. Dit zal ik doen door de volgende drie subvragen te beantwoorden:

1. Wat zijn specifieke kenmerken van economische evaluatie van klimaatverandering, waardoor een andere aanpak nodig zou zijn?
2. Wat houdt gamma verdiscontering in en hoe verschilt dit ten opzichte van reguliere verdiscontering?
3. In hoeverre biedt gamma verdiscontering een oplossing voor de geconstateerde problemen bij de economische evaluatie van klimaatverandering?

Per hoofdstuk zal ik één van de subvragen behandelen. In hoofdstuk 2 zal ik de specifieke kenmerken van klimaatverandering belichten en daarbij aangeven in hoeverre deze kenmerken aanleiding geven voor een andere aanpak. Een voorstel om de economische evaluatie van klimaatverandering anders aan te pakken is gamma verdiscontering. In hoofdstuk 3 zal ik hier een beschrijving van geven. Daarna zal ik in hoofdstuk 4 analyseren in hoeverre gamma verdiscontering een oplossing biedt voor de geconstateerde problemen en dan met name onzekerheid over de discontovoet.

¹ (Ackerman, 2007, p. 5)

² (Weitzman, 2001, p. 261)

2. Specifieke kenmerken van economische evaluatie van klimaatverandering

2.1 Inleiding

In de literatuur is er discussie over de aanpak van klimaatverandering. Aan de ene kant zijn er wetenschappers die pleiten voor een actief beleid om klimaatverandering tegen te gaan, aan de andere kant zijn er ook die van mening zijn dat we op dit tijdstip nog geen actie dienen te ondernemen. De reden van dit meningsverschil heeft te maken met een aantal specifieke kenmerken van de economische evaluatie van klimaatverandering, welke ik in dit hoofdstuk nader zal behandelen.

2.2 Kosten-batenanalyse

Voor de beoordeling van projecten gebruiken economen vaak een kosten-batenanalyse (KBA). Dit houdt in dat de baten afgezet worden tegen de kosten en op basis daarvan beoordeeld wordt of een project rendabel is. Een eigenschap die deze analyse bemoeilijkt is het feit dat kosten of baten zich voor kunnen doen in de toekomst. Om dit op te lossen maakt men gebruik van een discontovoet, waardoor toekomstige kasstromen omgerekend kunnen worden naar het heden. De formule die we kunnen gebruiken bij een KBA luidt als volgt³:

(1)

$$NCW = NB_0 + \frac{NB_1}{(1+r)} + \frac{NB_2}{(1+r)^2} + \frac{NB_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{NB_t}{(1+r)^t}$$

Hierbij staat NCW voor Netto Contante Waarde. Dit wil zeggen dat van elke periode de Netto Baten (NB) worden berekend door baten en kosten in de desbetreffende periode van elkaar af te trekken en vervolgens teruggerekend worden naar de huidige tijdsperiode. Dit wordt gedaan door middel te delen door de discontovoet (r). De bovenstaande functie kunnen we herschrijven tot een meer algemene vorm. Dit leidt tot de volgende functie:

(2)

$$NCW = \sum_{t=0}^{t=T} \frac{NB}{(1+r)^t}$$

2.3 Tijd

Wanneer een onderneming wil bepalen of een project rendabel is, wordt hierbij vaak gebruikt gemaakt van verdisconteren om de NCW te berekenen. Een positieve uitkomst van de NCW betekent

³ (Perman, Ma, McGilvray, & Common, 2003, pp. 368-369)

dat het project rendabel is en een negatieve uitkomst betekent het tegengestelde. Een probleem dat zich voordoet bij de beoordeling van projecten omtrent klimaatverandering is de looptijd van dergelijke projecten. De looptijd van reguliere projecten is in het algemeen een aantal jaren, terwijl dit bij projecten omtrent klimaatveranderingen vele malen langer is. Het gevolg hiervan is dat de baten die zich op een later tijdstip voordoen minder belangrijk zijn bij het beoordelen of een project rendabel is. Ik zal dit illustreren aan de hand van een voorbeeld.⁴

Stel dat een bedrijf een investering wil doen in een machine om de productiecapaciteit uit te breiden. Het bedrijf staat voor de keuze tussen twee machines. De aanschaf van de machines is in beide gevallen €100. Voor machine 1 geldt dat de opbrengsten stijgen met €50 in de eerste twee jaren, in jaar drie met €45 en in jaar 4 met €40. De productiekosten zullen door de aanschaf van de machine met €10 per jaar stijgen. Na afloop van vier jaar is de machine niets meer waard. In tabel 2.1 wordt het effect van de aanschaf van machine 2 weergegeven.

Tabel 2.1 netto baten machine 1

Jaar	Kosten	Baten	Netto Baten
0	€ 100	€ 0	-€ 100
1	€ 10	€ 50	€ 40
2	€ 10	€ 50	€ 40
3	€ 10	€ 45	€ 35
4	€ 10	€ 40	€ 30

Voor machine 2 geldt dat de opbrengsten alleen in jaar 50 stijgen met €145. In de overige jaren verandert er niets aan de opbrengst. Bovendien stijgen de productie niet door aanschaf van deze machine. Na verloop van 50 jaar is deze machine niets meer waard. In tabel 2.2 wordt het effect van de aanschaf van machine 2 weergegeven.

Tabel 2.2 netto baten machine 2

Jaar	Kosten	Baten	Netto Baten
0	€ 100	€ 0	-€ 100
1	€ 0	€ 0	€ 0
2	€ 0	€ 0	€ 0
.....
.....
49	€ 0	€ 0	€ 0
50	€ 0	€ 145	€ 145
51	€ 0	€ 0	€ 0

⁴ Voorbeeld ontleend aan (Perman, Ma, McGilvray, & Common, 2003, pp. 364-365)

Wanneer het bedrijf dat voor deze keuze staat puur uitgaat van de netto baten is de onderneming indifferent tussen machine 1 en machine 2. Immers, het resultaat van de netto baten is in beide gevallen gelijk, namelijk €15. Echter op basis van een KBA door middel van verdisconteren is de uitkomst van beide projecten niet gelijk aan elkaar.

Stel we gaan uit van een discontovoet van 5%. De uitkomsten van de NCW zijn dan voor machine 1 respectievelijk voor machine 2:

$$NCW_1 = -€100 + \frac{€40}{(1 + 0,05)} + \frac{€40}{(1 + 0,05)^2} + \frac{€35}{(1 + 0,05)^3} + \frac{€30}{(1 + 0,05)^4} = €29,29$$

$$NCW_2 = -€100 + \frac{€145}{(1 + 0,05)^{50}} = -€87,36$$

De uitkomsten van beide projecten liggen ver uit elkaar. De oorzaak hiervan is dat bij project 2 de baten zich pas later in de tijd voordoen. De baten die zich voordoen in het jaar 50 krijgen een lagere contante waarde toegekend dan baten die zich eerder voordoen. Dit komt doordat er interest over interest wordt berekend.

Voor de economische evaluatie van klimaatverandering is dit effect van groot belang, omdat een project omtrent klimaatverandering een lange looptijd heeft. Op het moment dat de baten van een dergelijk project zich later in de tijd voordoen zal de neiging om het project niet uit te voeren dus steeds groter worden.

2.4 Risico

In het voorbeeld van de investering in machine 1 ben ik er vanuit gegaan dat men van tevoren met zekerheid wist welke kasstromen zich zouden voordoen en op welk tijdstip. In de praktijk is men vaak niet zeker over hoe de toekomst zich zal ontwikkelen. Soms kan men inschatten welke scenario's mogelijk zijn en hoe groot de kans is dat een bepaald scenario zich voordoet. Dan kan een investeerder door verwerking van het risico in de kosten-batenanalyse een beslissing nemen voor de implementering van het project. Het incalculeren van dit risico in de kosten-batenanalyse heeft een effect op de NCW van een project. Ik zal dit illustreren aan de hand van een voorbeeld.⁵

Stel dat een onderneming een machine kan aanschaffen voor €100. Deze levert per jaar netto baten op, maar er zijn twee scenario's mogelijk. De kans (P) is voor het eerste scenario 0,6 en voor het tweede scenario 0,4. Tabel 2.3 geeft de verschillende netto baten aan.

⁵ Voorbeeld ontleend aan (Perman, Ma, McGilvray, & Common, 2003, p. 367)

Tabel 2.3 één project, twee mogelijke netto baten

Jaar	Netto Baten 1, P = 0,6	Netto Baten 2, P = 0,4
0	-€ 100	-€ 100
1	€ 40	€ 35
2	€ 40	€ 35
3	€ 35	€ 25
4	€ 30	€ 20

Bij de berekening van de NCW van het bovenstaande project moet men rekening houden met de kansen waarmee beide scenario's zich voor kunnen doen. Ik ga uit van een discontovoet (r) van 5%. In tabel 2.4 zijn de berekening met de uitkomsten hiervan af te lezen.

Tabel 2.4 Berekening van de verwachte contante waarde

Jaar	Verwachte netto baten	CW van verwachte netto baten
0	$-(0,6 \times €100) = \{-(0,4 \times €100)\} = -€100$	-€100
1	$(0,6 \times €40) + (0,4 \times €35) = €38$	$€38/1,05 = €36,19$
2	$(0,6 \times €40) + (0,4 \times €35) = €38$	$€38/1,05^2 = €34,47$
3	$(0,6 \times €35) + (0,4 \times €25) = €31$	$€31/1,05^3 = €26,78$
4	$(0,6 \times €30) + (0,4 \times €20) = €26$	$€26/1,05^4 = €21,39$

De netto contante waarde van het project is dus:

$$NCW = -€100 + €36,19 + €34,47 + €26,78 + €21,39 = €18,83$$

In dit geval betekent deze uitkomst dat de investeerder het project zal implementeren als van een discontovoet (r) van 5% wordt uitgegaan, omdat de berekening een positieve waarde voor de NCW oplevert.

Met betrekking tot risico zijn er verschillende methoden om tot een beslissing te komen. Een van de methoden die gebruikt wordt is van de mogelijke scenario's het gewogen gemiddelde berekenen en op basis daarvan te beslissen. Deze methode heb ik ook toegepast op het bovenstaande voorbeeld. Een andere methode is een gevoeligheidsanalyse van verschillende aannames van het project. Hierbij wordt de NCW berekend volgens bepaalde veronderstellingen en bekeken in hoeverre dit de beslissing van het project beïnvloedt.⁶

2.5 Effect van hoogte van discontovoet

In de bovenstaande voorbeelden ben ik steeds uitgegaan van een discontovoet (r) van 5%. Stel we gaan uit van een situatie met zekerheid en beoordelen de aanschaf van machine 1 nogmaals, alleen

⁶ (Perman, Ma, McGilvray, & Common, 2003, p. 367)

wijzigen we de discontovoet (r) naar 7,5% respectievelijk 10%. Deze aanpassing in de discontovoet leidt tot de volgende uitkomsten:

$$NCW_1 = -€100 + \frac{€40}{(1 + 0,075)} + \frac{€40}{(1 + 0,075)^2} + \frac{€35}{(1 + 0,075)^3} + \frac{€30}{(1 + 0,075)^4} = €22,46$$

$$NCW_1 = -€100 + \frac{€40}{(1 + 0,1)} + \frac{€40}{(1 + 0,1)^2} + \frac{€35}{(1 + 0,1)^3} + \frac{€30}{(1 + 0,1)^4} = -€16,21$$

In het geval van een discontovoet van 7,5% is de onderneming nog steeds geneigd om de investering wel te doen, maar in een mindere mate dan wanneer we uitgaan van een discontovoet van 5%. Dit effect wordt nog groter wanneer we uitgaan van een discontovoet van 10%.⁷

Van belang bij de beoordeling van een project is de hoogte van de discontovoet. Uit bovenstaand voorbeeld blijkt immers dat de hoogte van de discontovoet de keuze om een project wel of niet uit te voeren, kan beïnvloeden. In de bovenstaande casus zal de onderneming bij de hogere discontovoeten nog steeds de investering doen, maar er zijn ook voorbeelden denkbaar waarbij dit niet het geval is.

Door een hogere discontovoet krijgen de baten een lagere contante waarde toegekend naarmate ze zich verder in de toekomst voordoen. Dit betekent dat men eerder neigt naar de keuze om op dit moment nog geen actie te ondernemen.

2.6 Ramsey vergelijking

In de literatuur over klimaatverandering is er discussie over de hoogte van de discontovoet. Met name het rapport van Stern heeft veel stof doen opwaaien onder economen. In opdracht van de overheid van Groot-Brittannië heeft hij onderzoek gedaan naar de economische evaluatie van klimaatverandering.⁸ Andere economen hebben forse kritiek op zijn rapport, onder andere omdat hij volgens hen een te lage discontovoet van 1,4% bepleit. Het ministerie van financiën van Groot-Brittannië hanteerde een discontovoet van 3,5%, Weitzman bepleit een consensus discontovoet van 6% en Nordhaus gaat uit van een discontovoet gebaseerd op de marktwaarde van kapitaal.⁹

De vaststelling van de maatschappelijke discontovoet voor publieke projecten is een lastige opgave. Om in dit proces een zekere structuur aan te brengen is de Ramsey vergelijking een methode die regelmatig door wetenschappers gebruikt wordt. Deze vergelijking legt een basis voor het gebruik

⁷ (Perman, Ma, McGilvray, & Common, 2003, p. 367)

⁸ (Stern, 2006).

⁹ (Ackerman, 2007, p. 7)

van de marktwaarde van kapitaal als discontovoet. Bij gebruik van deze vergelijking wordt de discontovoet opgesplitst in twee delen, namelijk component over tijdspreferentie en een welzijnscomponent. Het eerste gedeelte geeft aan wat de discontovoet zou zijn als alle huidige en toekomstige generaties dezelfde bronnen en mogelijkheden zouden hebben. Het tweede gedeelte houdt rekening met het feit dat toekomstige generaties waarschijnlijk rijker zijn dan de huidige generatie. Dat impliceert dat er minder behoefte is voor de huidige generatie om nu investeringen te doen om de toekomstige generaties te beschermen tegen de invloeden van klimaatverandering. Men berekent de discontovoet door de bovengenoemde twee componenten bij elkaar op te tellen.¹⁰

De Ramsey vergelijking wordt weergegeven door de volgende formule:

(3)

$$r = \delta + \eta g$$

Hierbij beslaat de δ het eerste gedeelte over de tijdspreferentie, welke aangeeft in hoeverre we waarde hechten aan de positie van toekomstige generaties. Deze waarde kan tussen 0 en 1 liggen. Een waarde van 0 betekent dat we een even sterke waarde toekennen aan toekomstige generaties als aan het heden. Stern is van mening dat iedere generatie gelijk is aan elkaar en recht heeft op dezelfde mogelijkheden. Dit betekent impliciet dat de δ een waarde van 0 aanneemt.¹¹ Nordhaus is het niet eens met Stern, met name over de waarde van de tijdspreferentie. De preferenties van mensen worden zichtbaar door het gedrag dat ze vertonen. Ook het belang dat we hechten aan de toekomst komt hierin naar voren, bijvoorbeeld in ons spaargedrag. Maar als we de toekomstige generaties net zo belangrijk vinden als de huidige generatie, waarom sparen we dan niet meer voor de toekomst?¹²

De g geeft aan hoe sterk de consumptie per hoofd van de bevolking stijgt en de η is de elasticiteit van het marginale nut van consumptie.¹³ Deze parameter bepaalt hoe sterk economische groei (g) de discontovoet beïnvloedt. Een hogere η betekent een hogere uitkomst van r (uitgaande van een positieve g), waardoor er minder behoefte is om te investeren voor toekomstige generaties. Dit komt doordat we ervan uitgaan dat toekomstige generaties rijker zullen zijn, vanwege de positieve waarde van g .¹⁴

¹⁰ (Ackerman, 2007, p. 4)

¹¹ (Stern, 2006), hoofdstuk 2 en appendix.

¹² (Ackerman, 2007, p. 4)

¹³ (Perman, Ma, McGilvray, & Common, 2003, p. 395)

¹⁴ (Ackerman, 2007, p. 4)

Behalve de kritiek van Nordhaus op de waarde van de tijdspreferentie die Stern hanteert, heeft hij nog meer kritiek op de methodiek van Stern. Als er sprake is van een perfecte economie en iedereen toegang heeft tot volledige informatie en iedereen op rationele wijze denkt en zowel korte als lange termijn investering op consistente wijze benadert, dan is de discontovoet gelijk aan de marktinterest. Deze geven in dat geval namelijk beide aan in hoeverre mensen een keuze maken tussen inkomen nu (consumeren) of inkomen op een later moment (investeren). Men neemt in deze keuze de opportunity costs van kapitaal mee. Als het rendement op kapitaal hoger is dan de discontovoet, zullen mensen namelijk geneigd zijn om nu te investeren, zodat ze in de beste positie terecht komen. Dit is een evenwichtsmechanisme dat ervoor zorgt dat de discontovoet en het rendement op kapitaal aan elkaar gelijk zijn.¹⁵

De discontovoet die Nordhaus beargumenteert komt uit op 6%. Het effect van de lagere discontovoet van Stern ten opzichte van de hogere discontovoet van Nordhaus is dat kosten en baten die zich in de toekomst voordoen een hogere contante waarde opleveren. Het effect van de hoogte van de discontovoet werd in het voorbeeld van de aanschaf van de machine reeds geïllustreerd bij een looptijd van slechts drie jaar. Vanwege de langere looptijd van projecten omtrent klimaatverandering wordt het verschil in uitkomsten steeds groter. Ter vergelijking onderstaande berekening van een project met een looptijd van honderd jaar met een discontovoet van 1,4% respectievelijk 6%.

$$e^{-0,014*100} = e^{-1,4} = 0,25$$

$$e^{-0,06*100} = e^{-6} = 0,0025$$

Dit betekent dat voor gebeurtenissen die zich over 100 jaar voordoen de contante waarde van deze gebeurtenissen 100 keer zo groot is met de discontovoet van Stern als met discontovoet van gebaseerd op de marktwaarde van kapitaal. Het gevolg van dit verschil in contante waarde is dat projecten bij toepassing van de discontovoet gebaseerd op de marktwaarde van kapitaal geen doorgang vinden. Volgens Weitzman is het verschil in de discontovoet de verklaring voor het grote verschil in de uitkomsten, waardoor de discussie is ontstaan tussen Stern en andere economen.¹⁶

2.7 Onzekerheid

Zoals hiervoor reeds aangegeven is de ontwikkeling van het klimaat in de toekomst is verre van zeker. Bepaalde verbanden met betrekking tot klimaatverandering zijn inmiddels wetenschappelijk te verklaren, zoals het feit dat uitstoot van CO₂-gassen leidt tot hogere temperaturen op de aarde. Maar

¹⁵ (Ackerman, 2007, p. 5)

¹⁶ (Weitzman, 2001, p. 260)

er zijn ook belangrijke factoren rond klimaatverandering onzeker, zoals het moment waarop deze effecten zich zullen voordoen alsmede de precieze impact daarvan is onvoorspelbaar. Het kan zijn dat in de toekomst de invloed van deze factoren op het klimaat wel verklaard kan worden, maar er bestaat een kans dat het te laat is om die problemen aan te pakken.

Stern benadert in zijn rapport over klimaatverandering risico en onzekerheid omtrent op een andere manier dan economen tot dan toe gewend waren. Hij maakt in zijn review gebruik van de zogenoemde "sensitivity analysis", waarbij hij uitgaat van een lage en een hoge gevoeligheid van het klimaat voor broeikasgassen. Afhankelijk van de gekozen gevoeligheid gaat hij ervan uit dat de aarde ten opzichte van de temperatuur voor de pre-industriële tijd opwarmt met respectievelijk 1,5-4,5 graden en 2,4-5,4 graden.¹⁷

Hij kiest voor een benadering van klimaatverandering met verschillende scenario's waar hij een gevoeligheidsanalyse op toepast, zoals aan de orde is gekomen in §2.4 over risico. Impliciet betekent dit dat hij bovenstaande problematiek benadert als een situatie met risico. Hij schat namelijk de kans in waarmee een bepaald scenario zal optreden. De begrippen risico en onzekerheid worden regelmatig gebruikt alsof het synoniemen zijn. Er is echter een belangrijk verschil tussen risico en onzekerheid. Wanneer we spreken over risico, berekent of schat men de kansen van de verschillende mogelijke uitkomsten. Onzekerheid biedt deze mogelijkheid niet, omdat de kansen van de uitkomsten niet bekend zijn.¹⁸

Mede hierom concludeert Weitzman dat Stern wel gelijk heeft maar om de verkeerde reden. Ondanks dat de kans klein is dat een catastrofale natuurramp zich voordoet, zijn de baten om hier wat tegen te doen wel zeer hoog. Hij is van mening dat men zich hier meer op moet concentreren en beargumenteert dat de huidige economische theorieën niet voldoende geschikt zijn om rekening te houden met dit soort extreme rampen. Deze gaan er vanuit investeerders de verdeling van de uitkomsten van de markt kunnen weten door eerdere ervaringen. Maar als marktstructuren constant aan verandering onderhevig zijn, kunnen investeerders niet genoeg ervaring op kunnen doen over de huidige marktstructuur. Dit betekent dat het onmogelijk is om vanuit ervaring te leren over de kansen van extreme waarden en de impact hiervan.¹⁹

Volgens Weitzman is echter niet de onzekerheid over de verandering van het klimaat, maar de onzekerheid over de discontovoet zelf de sleutelfactor van de economische evaluatie

¹⁷ (Ackerman, 2007, p. 9)

¹⁸ (Ackerman, 2007, p. 9)

¹⁹ (Weitzman, 2007, pp. 722-723)

klimaatverandering. Hij is dan ook van mening dat Stern hier te weinig aandacht aan schenkt en zich teveel bezig houdt met de verdediging van de kosten-batenanalyse.²⁰ Zoals ik in §2.6 reeds noemde is de bepaling van de maatschappelijk discontovoet voor publieke projecten een moeilijk vraagstuk. Er is geen consensus over wat de juiste discontovoet is. Er zijn verschillende factoren die de bepaling van de discontovoet beïnvloeden. Hierbij valt de denken aan de waardering van het marginale product van kapitaal met een onzekere toekomst. Ook verstoringen in de markt, waardoor er geen perfecte economie is, hebben hier invloed op. Vragen die gaan over de waardering die we hechten aan toekomstige generaties, terwijl deze nu niet aanwezig zijn, spelen ook een rol. Bovendien verschillen mensen ook over meer fundamentele principes zoals over de rol van overheden en ethische aspecten.²¹

2.8 Conclusie

De economische evaluatie van klimaatverandering wordt gekenmerkt door een aantal specifieke kenmerken. Allereerst is er het aspect van tijd, waardoor baten of lasten die zich later in de toekomst voordoen minder zwaar meewegen in de beoordeling. Dit leidt sneller tot een uitkomst waarbij er nu geen actie dient te worden ondernomen, maar dit pas op een later tijdstip dient te gebeuren. Verder speelt ook de hoogte van de discontovoet een belangrijke rol. Ook bij een kosten-batenanalyse met een kortere tijdshorizon speelt dit effect mee, maar in mindere mate. Bij de economische evaluatie van klimaatverandering kan dit ertoe leiden dat beslissingen naar de verdere toekomst worden verschoven.

Als laatste aspect noem ik het aspect van onzekerheid. Dit is het belangrijkste kenmerk van de economische evaluatie van klimaatverandering. Deze onzekerheid is verdeeld in twee onderdelen. Allereerst is er onzekerheid over de ontwikkeling van de verandering van het klimaat. Bepaalde verbanden zijn wetenschappelijk bewezen, zoals de invloed van het uitstoten CO₂-gassen en een stijgende temperatuur. Aan de andere kant is er onzekerheid over wat de juiste discontovoet is. Er bestaat geen consensus over de hoogte van de discontovoet. Dit komt doordat mensen verschillende waarde hechten aan het belang van factoren die meespelen bij de bepaling van de discontovoet.

Bij de toepassing van reguliere verdiscontering gaan we uit van een stabiele discontovoet over de gehele looptijd van het project. Maar doordat we niet weten wat de juiste discontovoet is en het feit dat men verschilt in opvatting over het belang van verschillende factoren, zoals de waarde van tijdspreferentie en het baseren van de discontovoet op de marktwaarde van kapitaal, is er discussie

²⁰ (Ackerman, 2007, p. 11)

²¹ (Weitzman, 2001, p. 260)

ontstaan over de toepassing van reguliere verdiscontering bij de economische evaluatie van projecten met een lange looptijd.

Nordhaus geeft aan dat de marktwaarde van kapitaal en de discontovoet in een perfecte economie aan elkaar gelijk zijn. Hierdoor komt de discontovoet uit op 6%, terwijl Stern uitgaat van een discontovoet van 1,4%. Het gevolg van de discontovoet gebaseerd op kapitaal is dat de contante waarde van kasstromen in de verdere toekomst zeer laag zijn. Hierdoor wordt er weinig waarde toegekend aan de baten die zich over langere tijd voordoen, waardoor projecten om klimaatverandering tegen te gaan geen doorgang vinden. In de literatuur is als mogelijke oplossing voor de onzekerheid omtrent de discontovoet gamma verdiscontering voorgesteld, wat ik in het volgende hoofdstuk zal bespreken.

3. Gamma verdiscontering en de verschillen ten opzichte van reguliere verdiscontering

3.1 Inleiding

In het voorgaande hoofdstuk heb ik besproken wat reguliere verdiscontering inhoudt en hoe deze wordt bekritiseerd in verband met de economische evaluatie van klimaatverandering. Ik heb een aantal aspecten belicht die kenmerkend zijn voor de economische evaluatie van klimaatverandering. Deze factoren zijn de tijdsproblematiek, het effect van de hoogte van de discontovoet en risico en onzekerheid. Omdat er onzekerheid is over wat de juiste discontovoet is, heeft dit tot een discussie geleid of reguliere verdiscontering wel geschikt is voor de economische evaluatie van klimaatverandering.

Weitzman heeft zich hier ook over uitgesproken: 'to think about the distant future in terms of standard discounting is to have an uneasy intuitive feeling that something is wrong, somewhere'.²² Zelfs wanneer we reguliere verdiscontering op correcte wijze uitvoeren, blijft hij het gevoel houden dat er iets niet klopt. Mede daarom heeft Weitzman in 2001 ruim 2.000 benaderd met de vraag wat volgens hen de juiste discontovoet is. De verdeling van de discontovoeten die de economen noemden, bleek het verloop van een gamma verdeling te volgen. Op basis hiervan heeft hij een voorstel gedaan om een andere manier van verdisconteren toe te passen voor projecten met een lange looptijd, namelijk gamma verdiscontering. In dit hoofdstuk wil ik bespreken wat gamma verdiscontering inhoudt en hoe dit verschilt van reguliere verdiscontering.

3.2 Gamma verdeling

Weitzman beargumenteert dat de belangrijkste onzekerheid bij verdiscontering de discontovoet zelf is. Er is geen consensus over de hoogte van de discontovoet bij projecten met een lange looptijd. Zoals reeds eerder aangegeven in hoofdstuk 2 kenmerken projecten die klimaatverandering tegen gaan zich door een lange looptijd. De onzekerheid over de hoogte van de discontovoet is volgens hem het gevolg van fundamenteel verschillende opvattingen van wetenschappers, welke niet snel zullen worden opgelost. Hij stelt daarom een methode voor, waarbij deze onzekerheid omtrent de discontovoet wordt ingecalculeerd in de kosten-batenanalyse.²³

Zoals in de inleiding reeds genoemd, heeft Weitzman ruim 2.000 economen benaderd en hen gevraagd wat volgens hen de juiste discontovoet is voor de economische evaluatie van projecten met

²² (Weitzman, 1998, p. 201)

²³ (Weitzman, 2001, p. 261)

een lange looptijd. Dit resulteerde in een uitkomst waarbij de door de experts genoemde discontovoeten een gamma verdeling volgden. Reguliere verdiscontering is gebaseerd op de exponentiële verdeling. De exponentiële verdeling is een continue kansverdeling die afhankelijk is van één parameter. Deze kansverdeling geeft aan wat de wachttijd is tot een gebeurtenis in een systeem dat bestaat uit één component. De exponentiële verdeling wordt vaak gebruikt om de wachttijd tussen twee gebeurtenissen te bepalen, waarbij die zich met een constante gemiddelde snelheid zich voordoen.

De gamma verdeling is, net als de exponentiële verdeling, een continue kansverdeling, maar bij deze kansverdeling spelen twee parameters een rol. De gamma verdeling beschrijft de wachttijd tot een gebeurtenis in een systeem, maar hierbij is sprake van een systeem dat bestaat uit meerdere componenten. De tweede parameter geeft aan uit hoeveel componenten het systeem bestaat. Weitzman toont empirisch aan dat de parameter die het aantal componenten in het systeem aangeeft een significante rol speelt, of zou moeten spelen, bij toepassing van verdiscontering waarbij er sprake is van een lange looptijd.²⁴

3.3 Methode

De hoogte van de interest is de afgelopen eeuwen redelijk stabiel gebleken. Bij reguliere verdiscontering gaan we uit van een volledig stabiele discontovoet over de gehele looptijd. Bij deze methode projecteren we de situatie van het verleden op de toekomst. De vraag is in hoeverre dat een redelijke aanname is. Het kan zijn dat we in de toekomst een welvarende economie behouden met hoogstaande technologie, waardoor kapitaal hoge opbrengsten genereert. Dan zou een discontovoet van 6% redelijk kunnen zijn. Maar er bestaat ook een mogelijkheid dat we ons meer moeten inspannen om dezelfde levensstandaard te behouden, doordat we afgelopen decennia intensief gebruik hebben gemaakt van de natuur en deze uitgeput raakt. Dit zou kunnen betekenen dat een discontovoet van 1% meer op zijn plaats is.

Bovenstaande betekent dat we onzekerheid hebben over de ontwikkeling van de toekomst en wat de juiste discontovoet zal zijn. Om op deze onzekerheid in te spelen, kunnen we gebruik maken van gamma verdiscontering. Hierbij wordt een discontovoet berekend door het nemen van het gemiddelde van de mogelijke discontovoeten. In bovenstaande casus is er sprake van twee mogelijke discontovoeten, namelijk 1% en 6%. Stel dat we uitgaan van een gelijke kans voor beide discontovoeten. Dit betekent dat het rekenkundig gemiddelde van de discontovoeten uitkomt op een discontovoet van 3,5%.

²⁴ (Weitzman, 2001, p. 261)

Maar dit is niet de goede berekening voor de discontovoet. De discontovoet is namelijk niet hetzelfde als de discontofactor. Het is de discontofactor die het gewicht aan een bepaalde periode toekent.²⁵ Om de juiste discontovoet te berekenen dienen we niet het rekenkundig gemiddelde van de discontovoet, maar van de discontofactor uit te rekenen. Dit rekenkundig gemiddelde wordt ook wel de certainty equivalent discount factor (CEDF) genoemd. Dat wil zeggen dat er een aannemelijke verdeling van discontovoeten is gemaakt, dat er een correct tijdsprofiel van discontofactoren van elke discontovoet is bepaald en daarna een, aan risico aangepaste, gemiddelde discontofactor wordt berekend.²⁶ In formulevorm ziet dit er als volgt uit:

(1)

$$CEDF_t = \frac{1}{(1 + CEDR_t)}$$

Als we het hierboven genoemde voorbeeld toepassen met een discontovoet van 1% en een discontovoet van 6%, ziet de vergelijking er als volgt uit:

(2)

$$CEDF_t = \frac{1}{(1 + 0,01)^t} + \frac{1}{(1 + 0,06)^t} = \frac{1}{(1 + CEDR_t)}$$

Aan de hand van de bovenstaande vergelijking kunnen we de certainty equivalent discount rate (CEDR) berekenen die geldt op een bepaald tijdstip. De CEDR wordt op vergelijkbare wijze als de CEDF bepaald, maar hier is sprake van een discontovoet in plaats van een discontofactor. De CEDR is, zoals het woord zelf al aangeeft, de berekende discontovoet die equivalent is aan de discontovoet, wanneer er geen sprake is van onzekerheid.

Uit het onderzoek dat Weitzman heeft gedaan door ruim 2.000 te vragen wat volgens hen de juiste discontovoet is voor de lange termijn, kwamen zeer uiteenlopende antwoorden naar voren. De genoemde discontovoeten varieerden tussen de -3% en 27% en volgen een gamma verdeling.

Weitzman heeft de toekomst onderverdeeld in de volgende subperioden:

1. de directe toekomst (1-5 jaar);
2. de nabije toekomst (6-25 jaar);
3. de middelverre toekomst (26-75 jaar);
4. de verre toekomst (76-300 jaar);
5. de zeer verre toekomst (300 jaar en verder).

²⁵ (Hepburn, 2002, p. 43)

²⁶ (Guo, Hepburn, Tol, & Anthoff, 2006, p. 208)

Per periode rekende de CEDR op basis van de gegeven antwoorden. Dit resulteerde in een uitkomst van 4% (directe toekomst), 3% (nabije toekomst), 2% (middellange toekomst), 1% (verre toekomst) en 0% (zeer verre toekomst). Er is dus sprake van een afnemende discontovoet naarmate de tijd verstrijkt.²⁷ In de casus ik in deze paragraaf geschetst heb, zijn er slechts twee discontovoeten in de berekening van de CEDR meegenomen. Er is in dat geval geen sprake van een gamma verdeling, omdat daar meer discontovoeten in de berekening moeten worden meegewogen. Hoe meer discontovoeten men in de berekening invoert, hoe complexer de berekening wordt. Omdat de methodiek niet afhankelijk is van het aantal discontovoeten in de berekening, heb ik een vereenvoudigde situatie gebruikt. Bovendien is ook bij toepassing van twee discontovoeten, sprake van een afnemende CEDR.

De oorzaak van de afnemende discontovoet ligt in het feit dat exponentiële (reguliere) verdiscontering ervoor zorgt dat het gewicht van de hogere discontovoeten afneemt. Bij de berekening van de discontofactor die behoren bij de betreffende discontovoet wordt gebruik gemaakt van reguliere verdiscontering. Omdat de discontofactoren behorende bij de hogere discontovoeten sneller dalen dan de discontofactoren van de lagere discontovoeten, betekent dit dat de CEDF een steeds sterker afnemend verloop vertoont naarmate de tijd verstrijkt. Als gevolg hiervan daalt ook de CEDR naarmate de tijd verstrijkt.²⁸

3.4 Voorbeeld

In de vorige paragraaf heb ik abstract een en ander uiteengezet over de methodiek van gamma verdiscontering, maar een voorbeeld kan het bovenstaande beter verduidelijken door te concretiseren. Ik zal dit doen aan de hand van de twee eerder genoemde scenario's van een welvarende economie met een discontovoet van 6% of een niet welvarende economie met een discontovoet van 1%. De resultaten hiervan zijn in onderstaande tabel af te lezen.²⁹

In de tabel zal ik voor beide discontovoeten de discontofactor berekenen op een aantal tijdstippen. Aan de hand van deze twee discontofactoren is de CEDF te berekenen door het rekenkundig gemiddelde van de discontovoeten te berekenen. Daarna kan door middel van formule (1) de CEDR berekend worden. Uit de tabel blijkt dat de CEDR afneemt naarmate een vanaf een tijdstip wordt gekeken dat verder in de toekomst ligt.

²⁷ (Weitzman, 2001, pp. 268-269)

²⁸ (Guo, Hepburn, Tol, & Anthoff, 2006, p. 208)

²⁹ Voorbeeld en tabel ontleend aan (Hepburn, 2002, p. 43)

Tabel 3.1 Berekening CEDF en CEDR

Tijd vanaf nu (t)	Discontofactor 1 (r=1%)	Discontofactor 2 (r=6%)	CEDF	CEDR
1 jaar	0,99	0,94	0,97	3,4%
5 jaar	0,95	0,75	0,85	3,3%
10 jaar	0,91	0,56	0,73	3,2%
50 jaar	0,61	0,05	0,33	2,2%
100 jaar	0,37	0,00	0,19	1,7%
200 jaar	0,14	0,00	0,07	1,4%

Een aantal berekende getallen uit de tabel zal ik nader toelichten. De discontofactor wordt als volgt berekend:

(3)

$$\text{Discontofactor}_t = \frac{1}{(1+r)^t}$$

Dit geldt zowel voor discontofactor 1 (r= 1%) als voor discontofactor 2 (r = 6%). Voor bijvoorbeeld discontofactor 1 op tijdstip t = 50 betekent dat:

(4)

$$\text{Discontofactor } 1_{50} = \frac{1}{(1+0,01)^{50}} = 0,61$$

Uit de tabel is af te lezen dat discontofactor 1 een snellere daling kent dan discontofactor 2. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat de discontovoeten verschillend zijn. Bij discontofactor 1 is de discontovoet 1% en bij discontofactor 2 is dit 6%.

Vervolgens vinden we de CEDF door het rekenkundig gemiddelde van de discontofactoren 1 en 2 te berekenen. Omdat discontofactor 2 sneller daalt dan discontofactor 1, wordt het gewicht van discontofactor 1 ten opzichte van discontofactor 2 steeds groter.

Daarna kan ook de CEDR berekend worden volgens formule (1). Door gebruik te maken van deze vergelijking is het mogelijk om de CEDR te berekenen, omdat de CEDF dan bekend is. Uit formule (1)

is tevens af te leiden dat de CEDR een harmonisch gemiddelde is.³⁰ In dit geval is $(1+CEDR)^t$ het harmonisch gemiddelde van $(1+r_1)^t$ en $(1+r_2)^t$. De formule voor het harmonisch gemiddelde is:

(5)

$$h = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}}$$

Uit tabel 3.1 is af te lezen dat de CEDR afneemt naarmate de tijd verstrijkt. Dit is de discontovoet waarmee het desbetreffende project beoordeeld wordt. Omdat niet zeker is wat de juiste discontovoet is, wordt de CEDF berekend. Door dit te doen, worden de mogelijke discontovoeten meegewogen in de berekening van de CEDR.

Deze afnemende discontovoet wordt veroorzaakt door twee factoren. Enerzijds wordt er een relatief hogere huidige waarde toegekend aan scenario's waarbij gerekend wordt met een lage discontovoet. Anderzijds worden de scenario's waarbij gerekend wordt met een hogere discontovoet relatief zwaarder belast met het effect van samengestelde interest.³¹ Anders gezegd, de CEDR neemt af, omdat de reguliere (exponentiële) verdiscontering de invloed van de hogere discontovoeten reduceert.

Voor de berekening van de discontofactoren van de bijbehorende discontovoeten wordt namelijk gebruik gemaakt van reguliere verdiscontering. De afnemende invloed van hogere discontovoeten wordt veroorzaakt doordat de discontofactoren van hogere discontovoeten sneller daalt dan die van lagere discontovoeten. Hierdoor is de waarde van de discontofactor behorende bij de lage discontofactor hoger dan de waarde van discontofactor behorende bij de hoge discontovoet. Naarmate de tijd verstrijkt hebben de discontofactoren van de lagere discontovoeten een relatief zwaarder gewicht dan de discontofactoren van de hogere discontovoeten. Het gevolg is dat de CEDR zal blijven dalen tot een asymptoot van de laagste discontovoet. In dit voorbeeld is dat de discontovoet van 1%.³²

3.5 Conclusie

In de literatuur is discussie ontstaan over het gebruik van reguliere verdiscontering voor publieke projecten. Deze projecten hebben in het algemeen een lange looptijd. Ook projecten omtrent klimaatverandering worden hierdoor gekenmerkt. Het gevolg van reguliere verdiscontering bij

³⁰ (Hepburn, 2002, p. 43)

³¹ (Weitzman, 2001, p. 266)

³² (Guo, Hepburn, Tol, & Anthoff, 2006, p. 208)

projecten met een lange looptijd is dat deze projecten minder snel uitgevoerd worden, omdat ze eerder een negatieve netto contante waarde hebben.

In de literatuur is er discussie ontstaan over het feit wat de juiste discontovoet is voor projecten met een lange looptijd en daarmee of de toepassing van reguliere verdiscontering voor de lange termijn een geschikte methode is. Als gevolg hiervan heeft Weitzman gamma verdiscontering voorgesteld. Omdat er onzekerheid is over wat de juiste discontovoet is, berekent men bij deze methode een certainty equivalent discount factor (CEDF) door het gemiddelde te nemen van de discontofactoren van de mogelijke discontovoeten. Vervolgens berekent men de certainty equivalent discount rate (CEDR) aan de hand van de berekende CEDF.

De CEDR neemt af naarmate de tijd verstrijkt. Dit afnemende verloop wordt veroorzaakt doordat het relatieve gewicht van de lage discontovoeten steeds groter wordt ten opzichte van het gewicht van de hoge discontovoeten. Het gevolg hiervan is dat de contante waarde van baten die verder in de toekomst plaatsvinden stijgt, waardoor eerder implementatie van projecten omtrent klimaatverandering plaatsvindt.

4. Evaluatie van gamma verdiscontering bij de economische evaluatie van klimaatverandering

4.1 Inleiding

Gamma verdiscontering is een methode die inspeelt op de onzekerheid over de discontovoet door het berekenen van een certainty equivalent discount rate (CEDR) door het meewegen van verschillende discontovoeten. In dit hoofdstuk zal ik evalueren in hoeverre gamma verdiscontering een oplossing biedt voor de geconstateerde problemen bij de economische evaluatie van klimaatverandering. Bij deze evaluatie worden tevens complicaties belicht die ontstaan bij de toepassing van gamma verdiscontering.

4.2 Verbeteringen door toepassing van gamma verdiscontering

De inhoud van gamma verdiscontering en de verschillen met reguliere verdiscontering zijn in het vorige hoofdstuk aan de orde gekomen. De verbeteringen van gamma verdiscontering ten opzichte van reguliere verdiscontering zal ik in deze paragraaf evalueren, namelijk:

1. onzekerheid;
2. heterogene tijdspreferentie;
3. het belang van toekomstige generaties;
4. hyperbolisch verdisconteren.

4.2.1 Onzekerheid

Reguliere verdiscontering is gebaseerd op de veronderstelling dat we met zekerheid kunnen vaststellen wat de juiste discontovoet is. Bovendien gaan we bij toepassing van reguliere verdiscontering ervan uit dat de toekomst met zekerheid te voorspellen is. Echter, met name voor de lange termijn is niet bekend hoe de toekomst zich zal ontwikkelen.

Eerder is reeds naar voren gekomen dat niet met zekerheid is te stellen wat de juiste maatschappelijke discontovoet is. Om op de onzekerheid omtrent de discontovoet in te spelen weegt men meerdere discontovoeten mee bij bepaling van de CEDR, waarbij de lagere discontovoeten een zwaarder gewicht toegekend krijgen naarmate de tijd verstrijkt. Het gevolg van de onzekerheid omtrent de discontovoet is dat gamma verdiscontering, in tegenstelling tot reguliere verdiscontering, gebruik maakt van een afnemende discontovoet.³³

³³ (Hepburn & Groom, 2007, p. 99)

Bij toepassing van regulier verdisconteren wordt gerekend met een constante discontovoet. In de literatuur over klimaatverandering wordt door Nordhaus gepleit voor een discontovoet die gelijk is aan de marktwaarde van kapitaal. Hierdoor is de discontovoet die men toepast bij reguliere verdiscontering hoger dan de discontovoet bij gamma verdiscontering. Dit effect wordt groter naarmate men verder in de toekomst kijkt, omdat de discontovoet bij gamma verdiscontering verder daalt en dit bij reguliere verdiscontering niet het geval is.

Door de afnemende discontovoet is het effect van samengestelde interest kleiner dan bij toepassing van reguliere verdiscontering. Hierdoor hebben de baten van een project om klimaatverandering tegen te gaan (die vaak pas na lange tijd plaatsvinden) een hogere contante waarde. Het gevolg hiervan is dat er eerder implementatie plaatsvindt van projecten om klimaatverandering tegen te gaan.

4.2.2 Heterogene tijdspreferentie

Een ander argument voor het gebruik van een afnemende discontovoet is het feit dat mensen heterogene tijdspreferentie hebben. Hierbij speelt de pure rate of time preference (PRTP) een rol. Dit wordt ook wel de utility discount rate genoemd. Deze utility discount rate weerspiegelt onze tijdsvoorkeur voor nut. Iedere persoon houdt rekening met het feit dat hij zal overlijden. Gezien dit feit hebben mensen liever dat baten zich eerder voordoen dan later in de toekomst.³⁴ Deze PRTP is reeds eerder ter sprake gekomen in hoofdstuk 2 bij behandeling van de Ramsey vergelijking.

Uit de dagelijkse praktijk blijkt dat de PRTP voor mensen verschillend is. Deze heterogene tijdspreferentie is bijvoorbeeld zichtbaar in de opleidingskeuze die mensen maken. Het gevolg hiervan, af te leiden uit de Ramsey vergelijking, is dat verschillende mensen met verschillende discontovoeten rekenen. Immers, de PRTP maakt onderdeel uit van de berekening van de discontovoet. Verschillen hierin tussen mensen onderling leiden dus tot verschillende discontovoeten. Dit maakt het des te moeilijker om te beoordelen welke discontovoet te gebruiken als het gaat om publieke projecten zoals bij klimaatverandering. Gollier & Zeckhauser komen tot de conclusie dat wanneer individuele mensen heterogene tijdspreferentie hebben een beleidsmaker (die optreedt als vertegenwoordigend persoon van die groep) een afnemende discontovoet zal gebruiken.³⁵ Zij doen de aanname dat mensen decreasing absolute risk aversion hebben. Mensen hebben een bepaalde tolerantie tegenover schommelingen in hun inkomen en deze tolerantie stijgt

³⁴ (Guo, Hepburn, Tol, & Anthoff, 2006, p. 207)

³⁵ (Gollier & Zeckhauser, 2003, pp. 2-3)

naarmate mensen rijker worden.³⁶ Dit betekent dat daarmee hun tijdspreferentie verandert en dus ook de discontovoet waar ze mee rekenen. Als de discontovoeten van verschillende individuen worden gemiddeld, is er sprake van een harmonisch gemiddelde. Hierdoor zal de discontovoet van de groep als geheel een afnemend verloop kennen. Omdat gamma verdiscontering gebruik maakt van een afnemende discontovoet, wordt het aspect van heterogene tijdspreferentie hierdoor beter weergegeven.

4.2.3 Het belang van toekomstige generaties

Bij toepassing van reguliere verdiscontering wordt er relatief minder gewicht toegekend aan gebeurtenissen die zich in de toekomst voordoen. Dit komt door het effect van samengestelde interest, waardoor de contante waarde van kasstromen die verder in de toekomst plaatsvinden steeds kleiner worden. Impliciet betekent dit dat er minder waarde wordt gehecht aan het belang van toekomstige generaties. Door het toepassen van een afnemende discontovoet wordt er meer waarde gehecht aan het belang van toekomstige generaties, omdat het effect van samengestelde interest kleiner is dan bij toepassing van reguliere verdiscontering. Hierdoor stijgt de contante waarde van kasstromen die op lange termijn plaatsvinden.

Li & Löfgren hebben een model ontwikkeld om te illustreren dat bij de beoordeling van publieke projecten de verschillende meningen van individuen over toekomstige generaties meegewogen kunnen worden. Zij gaan uit van een maatschappij van twee personen met eenzelfde nutsfunctie, maar een verschillende tijdspreferentie (PRTP). De ene is een persoon die een voorkeur heeft voor het heden en zijn nut nu zal proberen te maximaleren. De andere persoon zal zich meer richten op de toekomst en het belang van toekomstige generaties. Zij laten vervolgens zien dat naarmate de tijd richting oneindigheid gaat, de collectieve discontovoet naar 0 zal dalen.³⁷ Dit betekent dat de tijdspreferentie van de persoon die de meeste waarde hecht aan de toekomst een steeds dominantere rol speelt in de verdere toekomst. Dit effect is vergelijkbaar met de uitkomst bij gamma verdiscontering, zoals voorgesteld door Weitzman. Hierbij speelden de lagere discontovoeten een steeds dominantere rol bij bepaling van de CEDR.³⁸

4.2.4 Hyperbolisch verdisconteren

Hyperbolisch verdisconteren wil zeggen dat de discontofactor daalt als een hyperbolische functie door de tijd. Bij toepassing van reguliere verdiscontering is dit verloop exponentieel. Het gevolg van een hyperbolische daling van de discontofactor is dat de discontovoet die een persoon hanteert ook

³⁶ (Gollier & Zeckhauser, 2003, p. 19)

³⁷ (Li & Löfgren, 2000, p. 238)

³⁸ (Guo, Hepburn, Tol, & Anthoff, 2006, p. 209)

een dalend verloop kent. Dit wil zeggen dat naarmate de gebeurtenissen naar de toekomst worden verplaatst, het relatieve gewicht van deze gebeurtenissen steeds kleiner wordt. Een illustratie door middel van een voorbeeld kan dit verduidelijken.³⁹

Stel een persoon heeft twee opties:

1. Hij heeft voor één jaar vertraging in zijn consumptie op dit tijdstip;
2. Over 50 jaar heeft hij een vertraging van één jaar in zijn consumptie.

Het is minder aantrekkelijk om de consumptie op dit tijdstip uit te stellen dan over een periode van 50 jaar. Dit is de enige factor die anders is in de voorliggende keuze. Aan de hand van dit gedachte-experiment valt te concluderen dat het gewicht dat we toekennen aan een extra jaar vertraging afneemt naarmate dit zich verder in de toekomst voordoet.

Bij toepassing van regulier verdisconteren wordt een tijdsinterval verdisconteerd tegen een gelijkblijvende discontovoet. Hierbij is niet van belang of dat tijdsinterval zich afspeelt in het verleden, heden of toekomst. Bij hyperbolisch verdisconteren maakt dit echt wel verschil, omdat hierbij de discontovoet een afnemend verloop kent gerekend vanaf het moment van evaluatie.

Een vergelijking die hyperbolisch verdisconteren kan weergeven is:

(1)

$$d_t = \frac{1}{(1 + kt)^{h/k}}$$

Hierbij staat d_t voor de discontofactor en de h is de beleving van de tijd. Deze waarde geeft aan hoe de persoon de snelheid van het verloop van de tijd ervaart. Een lage waarde van h betekent dat de persoon het gevoel heeft dat de tijd snel verloopt en naarmate de h een waarde aanneemt richting oneindig, betekent dit dat de persoon de tijd ervaart alsof deze stilstaat. De k geeft aan in hoeverre de functie voor hyperbolisch verdisconteren afwijkt van exponentieel (regulier) verdisconteren. Bij reguliere verdiscontering gaat men uit van een constante waarde van tijdsbeleving. Dit is het alleen geval wanneer k de waarde van 0 aanneemt.⁴⁰

Als een beleidsmaker bij de beoordeling van een publiek project de preferenties van het volk wil betrekken, kan hij overwegen om hyperbolisch verdisconteren hierin mee te nemen. Immers, uit psychologische studies blijkt dat mensen intuïtief in hun dagelijks leven gebruikmaken van een

³⁹ Voorbeeld ontleend aan (Guo, Hepburn, Tol, & Anthoff, 2006, p. 208)

⁴⁰ (Guo, Hepburn, Tol, & Anthoff, 2006, p. 208)

afnemende discontovoet die een hyperbolische vorm aanneemt.⁴¹ Echter, hyperbolisch verdisconteren leidt wel tot het probleem van tijdsinconsistentie. Bij toepassing van gamma verdiscontering speelt dit probleem ook, omdat er sprake is van een afnemende discontovoet. Dit betekent dat de gehanteerde discontovoet afhankelijk is van het moment waarop een project geëvalueerd wordt. In de volgende paragraaf zal ik de problematiek van tijdsinconsistentie uitgebreider behandelen.

4.3 Complicaties bij toepassing van gamma verdiscontering

In de vorige paragraaf zijn een aantal verbeteringen genoemd door toepassing van gamma verdiscontering. Behalve verbeteringen zijn er echter ook complicaties. Deze hangen samen met de gekozen waarderingmethode en de gevolgen die daaruit voortkomen. In deze paragraaf zal ik de keuze van de waarderingmethode bespreken en de complicaties die daarbij optreden.

4.3.1 Waarderingsmethode

Tot nu toe heb ik steeds gebruikt gemaakt van kosten-batenanalyse op basis van netto contante waarde, waarbij alle kosten en baten teruggerekend worden naar het heden. Een andere mogelijkheid is om alle kosten en baten om te rekenen naar de toekomst en op basis daarvan een afweging te maken. Men zou verwachten dat dit dezelfde uitkomsten zou moeten opleveren, maar dit blijkt niet het geval te zijn als er sprake is van onzekerheid. Ik zal dit illustreren aan de hand van een voorbeeld.⁴²

Stel, een persoon krijgt de keuze tussen twee mogelijkheden:

1. Investeren van €1 in een project met een zekere interest van 3% per jaar met een periode van 200 jaar. Dit levert aan het eind €400 op;
2. Investeren van €1 op de kapitaalmarkt, waarbij er 50% kans is dat het rendement 0% per jaar is en 50% kans is dat het rendement 5% per jaar is. Ook hierbij is de looptijd 200 jaar, wat betekent dat de waarde aan het einde €1 of €22.000 is.

Om te beoordelen welke optie de voorkeur heeft, kunnen we de verwachte netto contante waarde berekenen. Dit wordt ook wel de expected net present value (ENPV) genoemd. De berekening van de ENPV levert de volgende resultaten op:

$$ENPV_1 = -€1 + 0,5 * (€400 * e^{-0\%*200}) + 0,5 * (€400 * e^{-5\%*200}) \approx €200$$

$$ENPV_2 = -€1 + 0,5 * (€1 * e^{-0\%*200}) + 0,5 * (€22.000 * e^{-5\%*200}) = €0$$

⁴¹ (Hepburn, 2002, pp. 43-44)

⁴² Voorbeeld ontleend aan (Hepburn & Groom, 2007, p. 100)

Op basis van de ENPV zou een risiconeutraal persoon kiezen voor project 1, het project zonder onzekerheid. Dit volgt uit het feit dat de berekende ENPV bij optie 1 de hoogste waarde aanneemt.⁴³

Behalve de methode om alle kosten en baten naar het heden te berekenen, is het ook mogelijk om dit naar de toekomst te doen. Hierdoor kan men de expected net future value (ENFV) berekenen. Als we deze methodiek in deze casus toepassen, leidt dit tot een andere uitkomst dan bij toepassing van de ENPV. Bij optie 1 is de opbrengst zeker en bedraagt deze €400 over 200 jaar. Optie 2 levert een opbrengst van €22.000 of €1 op over 200 jaar. Beide mogelijkheden hebben een kans van 50%. Dit betekent dat dit project over 200 jaar gemiddeld €11.000 oplevert. Op basis van deze methodiek zou een risiconeutraal persoon dus kiezen voor project 2.

Gollier beargumenteert dat het probleem van verschillende uitkomsten wanneer men gebruik maakt van verschillende waarderingmethoden wordt veroorzaakt door de keuze in inter-temporele allocatie van risico. Hij stelt dat de keuze van de waarderingmethode bepaalt welke generatie het risico draagt. Bij toepassing van de ENPV is dit de huidige generatie en bij toepassing van de ENFV is dat de toekomstige generatie.⁴⁴ Om dit te laten zien, gebruikt hij een model, waarbij een beleidsmaker kan kiezen voor het implementeren van een project om klimaatverandering tegen te gaan of niets te doen. De investering in het project bedraagt één eenheid van consumptie. De beleidsmaker is risiconeutraal en zal de net future value als volgt berekenen:

(2)

$$NFV = -e^{\dot{r}t} + Z$$

De t geeft de tijdsperiode aan en de Z staat voor de baten die het project genereert op tijdstip $t=T$.

De netto baten worden weergegeven door de vergelijking:

(3)

$$B(t) = -\delta(0) + Z\delta(T)$$

Hierbij staat de δ voor de Dirac delta functie, die op t een waarde van een eenheid aanneemt en anders 0 is.

⁴³ Weitzman geeft aan dat de "correctheid" van de discontovoet meegewogen moet worden in de bepaling bij de ENPV. In de genoemde casus zijn twee mogelijke discontovoeten van 0% en 5% met gelijke kans van optreden. Dit betekent dat de ENPV afgezet moet worden tegen de scenario's die mogelijk zijn. Hierdoor worden de "opportunity costs" in de beslissing meegenomen. (Weitzman, 2001, p. 264)

⁴⁴ (Gollier, 2004, p. 89)

Verder gaat hij er in zijn model van uit dat het niet zeker is hoe de risicovrije interest zich in de toekomst zal ontwikkelen. De beleidsmaker doet de aanname dat de interest in de nabije toekomst zal stabiliseren en daarna constant op dat niveau blijft. Hij weet echter niet van tevoren op welk niveau de interest zal uitkomen. Daarom staat de \check{r} voor de variabele die de onzekerheid omtrent de interest aangeeft. De \check{r} valt binnen de distributie $[r, \check{r}]$ en een cumulatieve distributie van $G(\check{r})$. Vanwege deze onzekerheid wordt in plaats van de NFV de *expected net future value* (ENFV) berekend, wat leidt tot de volgende formule:

$$ENFV = \int_0^T B(t) E e^{-\check{r}(t-T)} dt = \int_{\check{r}}^{\check{r}} \int_0^T B t e^{-\check{r}(t-T)} dt dG(\check{r}) \quad (4)$$

Als we vergelijking (3) substitueren in vergelijking (4) krijgen we de volgende vergelijking:

$$ENFV = -E e^{\check{r}t} + Z \quad (5)$$

Omdat de beleidsmaker risiconutraal is, zal hij het project beoordelen op de uitkomst van de ENFV. Een positieve waarde van de ENFV betekent voor de beleidsmaker implementatie van het project, terwijl een negatieve waarde het tegengestelde inhoudt.⁴⁵

Vergelijking (5) levert een positieve waarde op als geldt:

$$Z(E e^{\check{r}T})^{-1} - 1 > 0 \quad (6)$$

Vervolgens vergelijkt hij deze functie met de berekening van de expected net present value (ENPV):

$$ENPV = \int_0^T B(t) E e^{-\check{r}t} dt = \int_{\check{r}}^{\check{r}} \int_0^T B t e^{-\check{r}t} dt dG(\check{r}) \quad (7)$$

Als we vergelijking (3) substitueren in vergelijking (7) krijgen we de volgende vergelijking

$$ENPV = Z E e^{\check{r}T} - 1 \quad (8)$$

⁴⁵ Vergelijkingen en model ontleend aan (Gollier, 2004), pagina 86-87.

Hij toont vervolgens aan dat men een equivalente interest per periode (R) kan berekenen, die gegeven wordt door de vergelijking:

(9)

$$e^{R(t)} = Ee^{\tilde{r}t}$$

Hieruit volgt weer dat de certainty equivalent discount rate (CEDR) als volgt berekend kan worden:

(10)

$$CEDR = \frac{1}{t} \ln(Ee^{\tilde{r}t})$$

Maar hieruit valt af te leiden dat de CEDR stijgt naarmate de tijd verstrijkt⁴⁶, terwijl Weitzman juist pleitte voor een afnemende discontovoet voor de verdere toekomst. Zoals ik eerder noemde beargumenteert Gollier dat dit komt door verschillende inter-temporele allocatie van risico. Hij geeft aan dat dit wordt veroorzaakt door het feit dat, wanneer we de ENFV gebruiken, de toekomstige generaties het risico zullen dragen. Andersom betekent dit ook dat een toepassing van de ENPV betekent dat de huidige generatie het risico draagt.⁴⁷

4.3.2 Allocatie van risico

De vraag is echter waarom een risiconeutrale beleidsmaker zijn keuze veranderen, alleen door een verandering in de allocatie van het risico? Hepburn en Groom beargumenteren dat dit ook onjuist is. Volgens hen is de keuze voor ENPV of ENFV puur een maatstaf om te beslissen een investering wel of niet te doen. Zij laten de onjuistheid van de stelling van Gollier zien aan de hand van een gedachte-experiment.⁴⁸

Hierbij maken ze gebruik van de eerder geschetste casus met de volgende twee opties:

1. Investeren van €1 in een project met een zekere interest van 3% per jaar met een periode van 200 jaar. Dit levert aan het eind €400 op;
2. Investeren van €1 op de kapitaalmarkt, waarbij er 50% kans is dat het rendement 0% per jaar is en 50% kans is dat het rendement 5% per jaar is. Ook hierbij is de looptijd 200 jaar, wat betekent dat de waarde aan het einde €1 of €22.000 is.

Beide mogelijkheden geven de beleidsmaker de kans om nu €1 te investeren voor een periode van T jaar. Optie 1 betekent dat er een zekere interest (r) is en dat de uiteindelijke opbrengst gegeven

⁴⁶ Vergelijkingen ontleend aan (Hepburn & Groom, 2007, p. 101)

⁴⁷ (Gollier, 2004, p. 89)

⁴⁸ Voorbeeld ontleend aan (Hepburn & Groom, 2007, p. 102)

wordt door e^{rT} op tijdstip T . Optie 2 kent deze zekerheid niet en daarbij geldt een stochastische interest (\tilde{r}) en levert een verwachte opbrengst op van $Ee^{\tilde{r}T}$. Eerder heb ik laten zien dat bij toepassing van de ENPV de beleidsmaker koos voor optie 1 en bij toepassing van ENFV voor optie 2. In de bovenstaande situatie wordt bij beide opties het risico gedragen door de toekomstige generatie.

Stel dat we nu een situatie willen bekijken waarbij het risico wordt gedragen door de huidige generatie. Als de beleidsmaker een zekere opbrengst nodig heeft van $Z = e^{rT}$ op tijdstip T en hij kan kiezen tussen:

1. €1 investeren in een project met zekerheid die een opbrengst heeft van $Z = e^{rT}$;
2. Een obligatie kopen op de kapitaalmarkt die met zekerheid een opbrengst heeft van € Z op tijdstip T . De prijs van de obligatie hangt af van de marktrente (\tilde{r}) en we gaan ervan uit dat deze nog niet bekend is op het tijdstip van aankoop. De verwachte prijs van de obligatie is dan $EZe^{-\tilde{r}T}$. Als we uitgaan van een kans van 50% van een marktrente van 0% en 50% kans van een marktrente van 5%, betekent dit dat de prijs van de obligatie €400 respectievelijk €0,02 zal zijn. De verwachte prijs is dan afgerond €200.

Dit betekent dat een risiconeutrale beleidsmaker op basis van de ENPV zal kiezen voor optie 1, terwijl hij op basis van ENFV een lichte voorkeur heeft voor optie 2. Beide voorbeelden zijn beoordeeld op basis van de ENPV en de ENFV, alleen de allocatie van het risico is veranderd. Hieruit blijkt dat niet de allocatie van het risico het resultaat verandert, maar de waarderingmethode die geldt als maatstaf om de beslissing te nemen. ENPV zorgt voor een voorkeur voor projecten met zekerheid, terwijl ENFV eerder neigt naar risicovolle projecten. Dit staat los van welke generatie het risico draagt.⁴⁹

4.3.3 Oplossing van tegenstrijdigheid

De vraag is nu wat de oorzaak is van de verschillende uitkomsten onder ENPV en ENFV. Van belang is om te onderzoeken waardoor de tegenstrijdige stellingen van Gollier en Weitzman ontstaan.

Weitzman bepleit afnemende discountvoeten, terwijl Gollier het tegengestelde beweert. Gollier is van mening dat ze niet allebei gelijk kunnen hebben. Steker nog, hij gelooft zelfs dat ze allebei ongelijk hebben.⁵⁰ Hepburn & Groom hebben zich over deze bovenstaande problematiek gebogen en komen tot de conclusie dat in zekere zin beide wetenschappers gelijk hebben.⁵¹

Zij belichten het punt van het tijdstip waarop een project wordt geëvalueerd, de evaluatiedatum (τ). Zij gaan uit van een project dat plaatsvindt in het interval $[0, T]$. Het is mogelijk om het gehele

⁴⁹ (Hepburn & Groom, 2007, p. 102)

⁵⁰ (Gollier, 2004, p. 88)

⁵¹ (Hepburn & Groom, 2007, p. 100)

project, niet alleen het nog resterende gedeelte, vanaf het gezichtspunt van een bepaalde datum (de evaluatiedatum) te beoordelen alsof het project nog moet plaatsvinden, nu plaatsvindt of heeft plaatsgevonden. Het verschuiven van deze evaluatiedatum naar de verdere toekomst heeft een zelfde effect als het verschuiven van toekomstige baten richting het heden.⁵²

Het achteraf beoordelen van een project betekent dus $\tau > T$, de evaluatiedatum ligt dan na beëindiging van het project. Hierbij zal de beleidsmaker het project achteraf evalueren gebaseerd op de informatie die hij voor het project had. Dit wil zeggen dat het project wordt beoordeeld alsof de onzekerheid omtrent de discontovoet nog niet opgelost is. Dit betekent dat wanneer de beleidsmaker de expected net value (ENV) op evaluatiedatum τ beoordeelt, deze overeenkomt met de vergelijking van de ENPV, namelijk:

$$ENV(\tau) = E \int_0^T B(t) e^{-\tilde{r}(t-\tau)} dt$$

(11)

De aan zekerheid equivalente discontovergelijking die hoort bij een project dat wordt geëvalueerd op tijdstip τ wordt weergegeven door:

$$D_c(t, \tau) = e^{-r_{ca}(t, \tau)(t-\tau)} = E e^{-\tilde{r}(t-\tau)}$$

(12)

Vervolgens normaliseren we vergelijking (12) om ervoor te zorgen dat consumptie op de evaluatiedatum, $t=\tau$, een waarde van één eenheid heeft. Uit formule (12) valt vervolgens de gemiddelde CEDR af te leiden:

$$r_{ca}(t, \tau) = -\frac{1}{t-\tau} \ln E e^{-\tilde{r}(t-\tau)}$$

(13)

Als de evaluatiedatum is op $\tau=T$, moeten de kasstromen die op tijdstip t plaatsvinden worden vermenigvuldigd met $e^{-\tilde{r}(t-T)}$ en wordt de CEDR gegeven door de vergelijking:

$$r_{ca}(t, T) = -\frac{1}{t-T} \ln E e^{-\tilde{r}(t-T)}$$

(14)

⁵² (Hepburn & Groom, 2007, p. 102)

Op tijdstip $t=0$ betekent dit dat de t in vergelijking (14) de waarde 0 aanneemt. Dit leidt het volgende resultaat:

(15)

$$r_{ca}(0, T) = \frac{1}{T} \ln E e^{-rT}$$

Vergelijking (15) lijkt heel veel op de formule (9) die de CEDR aangeeft. Deze twee vergelijkingen komen echter niet helemaal met elkaar overeen. Het verschil zit in het feit dat in de ene formule t , het verloop van de tijd, en in de andere formule τ , de evaluatiedatum, wordt gebruikt.⁵³

In de eerste alinea van deze paragraaf gaf ik aan dat Hepburn & Groom van mening zijn dat zowel Weitzman als Gollier gelijk hebben. Ze concluderen dat Gollier gelijk heeft in het feit dat de CEDR toeneemt en dat dit komt door een tijdsvariabele. Echter, de variabele die dit veroorzaakt is niet het verloop van de tijd, maar de evaluatiedatum. De CEDR neemt af naarmate de tijd verstrijkt, maar neemt toe als de evaluatiedatum verder in de toekomst wordt verplaatst.⁵⁴

4.3.4 Tijdsinconsistentie

Het gevolg van bovenstaande conclusie is dat een project dat wordt beoordeeld op evaluatiedatum τ_1 wel geïmplementeerd wordt, terwijl dit op evaluatiedatum τ_2 niet het geval is. Omdat er sprake is van onzekerheid over de discontovoet, betekent dit dat de CEDR afneemt naarmate de tijd verstrijkt. Dit betekent dat de discontovoet die toegepast wordt op een bepaald moment afhankelijk is van de evaluatiedatum.⁵⁵

Echter, voor de beleidsmaker leidt dit nog niet tot een bevredigende oplossing van zijn probleem van onzekerheid over de discontovoet. Bij toepassing van een afnemende discontovoet kan er sprake zijn van tijdsinconsistentie. Hoe weet hij dat hij de juiste beslissing neemt door het al dan niet implementeren van een project? Stel dat hij een project op basis van huidige evaluatie wel positief beoordeelt, maar dit op een latere datum niet het geval is. Van welke evaluatiedatum moet hij dan uitgaan?

Ook in de literatuur is deze problematiek niet onbesproken gebleven. Guo, Hepburn, Tol & Anthoff behandelen drie methoden om het probleem van tijdsinconsistentie te benaderen. Als eerste noemen ze dat een beleidsmaker zich naïef kan opstellen en geloven dat toekomstige beleidsmakers zijn plannen zullen implementeren, wetende dat toekomstige beleidsmakers geen enkele prikkel

⁵³ Vergelijkingen ontleend aan (Hepburn & Groom, 2007, p. 103)

⁵⁴ (Hepburn & Groom, 2007, p. 104)

⁵⁵ (Hepburn & Groom, 2007, p. 104)

hebben om dat te doen . Ten tweede kan een beleidsmaker proberen om toekomstige beleidsmakers te binden aan zijn plannen door zijn plannen zo in te richten dat het voor toekomstige beleidsmakers optimaal is om deze plannen door te zetten. Beschikt hij niet over deze mogelijkheid, dan kan hij er ook voor kiezen door op slimme wijze te anticiperen op het gedrag van toekomstige beleidsmakers. Hij kan daardoor een plan maken dat een optimale oplossing is voor de optimale reactie van toekomstige beleidsmakers.⁵⁶ In dit geval speelt hij van tevoren in op het gedrag dat toekomstige beleidsmakers zullen vertonen.

Een andere mogelijkheid is om de interne rentevoet of internal rate of return (IRR) af te zetten tegen de discontovoeten die gelden bij verschillende evaluatiedata. Bij deze methode beoordeelt de beleidsmaker tot welke evaluatiedatum het project rendabel is. In het algemeen geldt voor investeringen dat de kosten zich eerder voordoen dan de baten. Hoe eerder de evaluatiedatum van een project plaatsvindt, hoe lager de toegepaste discontovoet is. Dit betekent dat de expected net value (ENV) hoger uitkomt en dat het project aantrekkelijker wordt naarmate de evaluatiedatum eerder plaatsvindt. De vier mogelijke uitkomsten om te de rentabiliteit van een project te beoordelen zijn:

1. Het project is altijd rendabel. Dit betekent dat de evaluatie van het project niet afhankelijk is van de evaluatiedatum;
2. Het project is rendabel met een evaluatiedatum na afloop van het project;
3. Het project is rendabel met een evaluatiedatum tot het huidige moment;
4. Het project is op geen moment rendabel.

De uitkomsten zijn gerangschikt van gunstig naar ongunstig. De twee uitersten zijn gevoelsmatig te beredeneren. Als een project een hogere IRR heeft dan alle andere opties op de kapitaalmarkt, dan is dit voor huidige en toekomstige generaties de optimale keuze. De minst gunstige uitkomst heeft een IRR die zo laag is dat zelfs wanneer met de laagst mogelijke discontovoet wordt gerekend, dit een negatief resultaat oplevert. In dit geval zal geen enkele generatie het project implementeren.

Bovenstaande uitkomsten geven de beleidsmaker handvatten om zijn keuze op te baseren. Als het project altijd rendabel is, is investeren in het project een verstandige beslissing. Waarschijnlijk zal hij dat ook doen bij de tweede uitkomst, waarbij er sprake is van een rendabel project met een evaluatiedatum na afloop van het project. Als de investering alleen rendabel is tot het huidige moment, kan dit voor een beleidsmaker voldoende zijn als het gaat om een kortlopend project. Dit

⁵⁶ (Guo, Hepburn, Tol, & Anthoff, 2006, p. 209)

hangt ook af van het feit hoeveel waarde de beleidsmaker hecht aan de belangen van toekomstige generaties.⁵⁷

Deze voorgestelde manieren om tijdsinconsistentie te benaderen bieden echter geen oplossing van het probleem. De tijdsinconsistentie zelf is daarmee namelijk nog niet opgeheven, maar het zijn richtlijnen om rekening te houden met het feit dat er sprake is van tijdsinconsistentie. Ik denk dat dit een complicatie is waarvoor een oplossing nodig is die het probleem daadwerkelijk opheft.

4.4 Conclusie

De hoogte van de juiste maatschappelijke discontovoet is een onzekerheid die de economische evaluatie van klimaatverandering bemoeilijkt. Gamma verdisconteren is een methode die inspeelt op de onzekerheid omtrent de discontovoet door het meewegen van verschillende discontovoeten. Vanwege het feit dat de certainty equivalent discount rate berekend wordt door een harmonisch gemiddelde van de verschillende discontovoeten, spelen de lagere discontovoeten een steeds dominantere rol naarmate verder in de toekomst gekeken worden. Door het meewegen van verschillende discontovoeten wordt de onzekerheid over wat de juiste discontovoet is beter benaderd dan bij toepassing van reguliere verdiscontering.

Verder blijken mensen in hun dagelijks leven intuïtief verdiscontering toe te passen met een afnemende discontovoet. Het verloop van deze discontovoet neemt een hyperbolische vorm aan en dit fenomeen wordt daarom hyperbolisch verdisconteren genoemd. De toepassing van deze afnemende discontovoet wordt beter weerspiegeld door gamma verdiscontering dan door reguliere verdiscontering, omdat bij gamma verdiscontering de discontovoet afneemt naarmate de tijd verstrijkt.

Ook het feit dat mensen heterogene tijdspreferentie kennen komt bij gamma verdiscontering beter tot zijn recht. Bovendien wordt er een grotere waarde gehecht aan het belang van toekomstige generaties bij toepassing van gamma verdiscontering. Deze aspecten zijn nauw met elkaar verbonden en hebben te maken met de pure rate of time preference (PRTP). Mensen verschillen onderling in hun PRTP en daarmee in de waarde die zij hechten aan de toekomst. Hierdoor hebben individuen verschillende discontovoeten. Door weging van verschillende discontovoeten komt de nadruk meer te liggen op de mensen die relatief veel waarde hechten aan de toekomst. Dit zijn de mensen die een lage discontovoet hanteren. Het gevolg hiervan is dat bij weging van de preferenties

⁵⁷ (Hepburn & Groom, 2007, pp. 106-107)

van verschillende mensen er sprake is van een afnemende discontovoet. Bij gamma verdiscontering wordt dit aspect beter benaderd dan bij toepassing van reguliere verdiscontering.

Behalve aspecten die beter benaderd worden zijn er ook complicaties die optreden bij toepassing van gamma verdiscontering. Weitzman is de wetenschapper geweest die gamma verdiscontering heeft voorgesteld en laat zien dat gamma verdiscontering een afnemende discontovoet toepast. Maar zelfs het feit of er sprake is van een afnemende discontovoet is betwist in de literatuur. Er zou op een bepaald moment zelfs sprake zijn van stijgende discontovoet. Volgens Gollier wordt dit veroorzaakt door de allocatie van het risico op de huidige of toekomstige generatie. Hepburn & Groom hebben echter aangetoond dat dit niet gerelateerd is aan de allocatie van het risico, maar aan de evaluatiedatum. De discontovoet neemt niet toe door het verloop van de tijd heen, maar door verschuiving van de evaluatiedatum.

Dit brengt echter een het probleem van tijdsinconsistentie met zich mee. Tijdsinconsistentie betekent dat een project op de ene evaluatiedatum wel geïmplementeerd wordt op basis van economische evaluatie, terwijl dit op een andere evaluatiedatum niet het geval is. Een mogelijkheid om met deze complicatie mee te nemen in de keuze is om als beleidsmaker in te spelen op het gedrag van toekomstige beleidsmakers. Ook is het mogelijk om de interne rentevoet (internal rate of return) af te zetten tegen de discontovoeten die gelden op de evaluatiedata en op basis daarvan een beslissing te nemen.

Maar met deze benadering van tijdsinconsistentie is het probleem zelf nog niet opgelost. Met deze methode wordt slechts erkend dat er sprake is van tijdsinconsistentie. De tijdsinconsistentie zelf is echter nog niet opgeheven. Gamma verdiscontering is dus niet een methode zonder problemen en ik denk dat er een oplossing nodig is voor het probleem van tijdsinconsistentie.

5. Conclusie

De economische evaluatie van klimaatverandering wordt gekarakteriseerd door een aantal specifieke kenmerken. Een van deze kenmerken is het effect dat tijd heeft op de beoordeling van een project omtrent klimaatverandering. Bij economische evaluatie van een investering wordt in het algemeen gebruik gemaakt van een kosten-batenanalyse, waarbij kasstromen die in de toekomst plaatsvinden worden verdisconteerd naar het heden door middel van een discontovoet. Doordat projecten omtrent klimaatverandering als kenmerk hebben dat baten zich pas na een lange periode voordoen, betekent dit deze baten een lage huidige contante waarde hebben.

Maar met name de hoogte van de discontovoet een rol. De hoogte van de discontovoet bepaalt de contante waarde van een kasstroom. Een kasstroom die zich na een lange periode voordoet heeft een lage contante waarde vanwege het effect van samengestelde interest. Voor projecten met een korte looptijd is dit effect in mindere mate aanwezig, omdat de uitwerking van samengestelde interest daar minder sterk is. Gezien het feit dat projecten omtrent klimaatverandering over het algemeen een lange looptijd hebben, betekent dit dat de hoogte van de discontovoet een grote invloed heeft op de waardering van het desbetreffende project. Als gevolg hiervan wordt de beslissing om een bepaald project wel of niet uit te voeren, beïnvloed door de hoogte van de discontovoet.

Omdat er geen zekerheid is wat de juiste discontovoet is, bemoeilijkt dit de economische evaluatie van klimaatverandering. In de literatuur is discussie ontstaan over welke discontovoet gehanteerd zou moeten worden voor de economische evaluatie van klimaatverandering. Weitzman heeft een voorstel gedaan om gamma verdiscontering toe te passen. Bij toepassing van deze methode hanteert men een afnemende discontovoet. Deze wordt berekend door het harmonisch gemiddelde te nemen van verschillende discontovoeten. Deze harmonisch gemiddelde discontovoet wordt ook wel de certainty equivalent discount rate (CEDR) genoemd.

Door het gebruik van gamma verdiscontering zijn er een aantal verbeteringen in de economische evaluatie van klimaatverandering. Het is niet met zekerheid vast te stellen wat de juiste maatschappelijke discontovoet is. Deze onzekerheid omtrent de discontovoet is een factor die bij toepassing van gamma verdiscontering beter benaderd wordt dan bij reguliere verdiscontering, omdat meerdere discontovoeten worden meegewogen in het bepalen van de CEDR. Omdat er een harmonisch gemiddelde wordt berekend, wordt het gewicht van de lage discontovoeten steeds groter naarmate men verder in de toekomst kijkt. Het gevolg hiervan is dat de CEDR een afnemend verloop kent.

Vanwege deze afnemende discontovoet worden baten die zich in de verdere toekomst voordoen minder zwaar belast met het effect van samengestelde interest. Dit effect speelt bij projecten om klimaatverandering tegen te gaan een grote rol, omdat dergelijke projecten in het algemeen een lange looptijd hebben. Door de afnemende discontovoet krijgen baten die zich na lange termijn voordoen een hogere contante waarde. Hierdoor worden projecten om klimaatverandering tegen te gaan eerder geïmplementeerd.

Bovendien blijken mensen in hun dagelijks leven intuïtief verdiscontering toe te passen met een afnemende discontovoet. Het verloop hiervan volgt een hyperbolische vorm en wordt daarom ook wel hyperbolisch verdisconteren genoemd. Dit betekent dat mensen voor de verdere toekomst een lagere discontovoet toepassen dan voor de nabije toekomst. Een soortgelijk effect doet zich voor bij de toepassing van gamma. Immers, de discontovoet bij gamma verdiscontering wordt lager naarmate de tijd verstrijkt.

Verder hebben mensen heterogene tijdspreferentie. Dit betekent dat mensen een verschillend gewicht aan de toekomst toekennen. Hiermee nauw verbonden is de waarde die mensen hechten aan toekomstige generaties. Doordat mensen verschillen in tijdspreferentie rekenen ze ook met verschillende discontovoeten. Door bij publieke projecten de preferenties van mensen mee te nemen in de beoordeling, komt er meer nadruk te liggen op de discontovoeten van mensen die relatief meer waarde hechten aan toekomstige generaties. Dit zijn de mensen waarvan hun persoonlijke discontovoet laag is ten opzichte van anderen. Het gevolg hiervan is dat de collectieve discontovoet een afnemende verloop kent. Deze afnemende discontovoet wordt beter weergegeven door de toepassing van gamma verdiscontering ten opzichte van reguliere verdiscontering.

Behalve positieve effecten brengt het gebruik van gamma verdiscontering ook een aantal complicaties met zich mee. Op een zeker moment is er in de literatuur zelfs een discussie ontstaan over het feit of de discontovoet bij gamma verdiscontering wel een afnemend verloop kende. Gollier was van mening dat er zelfs sprake was van een stijgende discontovoet. Dit werd volgens hem veroorzaakt door de inter-temporele allocatie van het risico. Dit houdt in door welke generatie het risico van een investering wordt gedragen. Volgens hem is de toepassing van verschillende waarderingmethoden de factor die bepaalt welke generatie het risico hiervan zou dragen. Hepburn & Groom hebben laten zien dat dit veroorzaakt wordt door de gekozen evaluatiedatum en niet door de inter-temporele allocatie van het risico. Door het verloop van de tijd heeft de discontovoet een afnemend verloop, maar door de evaluatiedatum verder naar de toekomst te verplaatsen stijgt de discontovoet.

Hiermee is het probleem echter niet volledig opgelost, omdat de wijziging van de discontovoet door het verplaatsen van de evaluatiedatum tijdsinconsistentie oplevert. Dit betekent dat de waardering van een project afhankelijk is van de evaluatiedatum. Het al dan niet implementeren van een project wordt gebaseerd op de keuze van de evaluatiedatum. Een mogelijkheid om rekening te houden met tijdsinconsistentie in de keuze voor het wel of niet implementeren van een project is door in te spelen op het gedrag van toekomstige beleidsmakers. Een andere optie is het de interne rentevoet (internal rate of return) af te zetten tegen de discontovoeten die gelden op de evaluatiedatum en vervolgens op basis van deze uitkomst een beslissing te nemen.

Deze voorgestelde manieren om tijdsinconsistentie te benaderen zijn echter geen oplossende methoden. De tijdsinconsistentie zelf wordt daar namelijk niet door opgeheven, maar het zijn richtlijnen om rekening te houden met het feit dat er sprake is van tijdsinconsistentie. Ik denk dat hier voor de wetenschap nog een taak ligt om deze complicatie op te lossen.

Bibliografie

- Ackerman, F. (2007, Juli). Debating Climate Economics: The Stern Review vs. Its Critics. *Debating Climate Economics: The Stern Review vs. Its Critics* .
- Gollier, C. (2004). Maximising the expected net future value as an alternative strategy to gamma discounting. *Finance Research Letters* , 85-89.
- Gollier, C., & Zeckhauser, R. (2003). Collective investment decision making with heterogeneous time preferences. *National Bureau of Economic Research* , 1-33.
- Guo, J., Hepburn, C. J., Tol, R. S., & Anthoff, D. (2006). Discounting and the social cost of carbon: a closer look at uncertainty. *Environmental Science & Policy* , 205-216.
- Hepburn, C. J. (2002, September). Long-run discounting. *Utilities Journal* , 42-44.
- Hepburn, C. J., & Groom, B. (2007). Gamma discounting and expected net future value. *Journal of Environmental Economics and Management* , 99-109.
- Li, C. Z., & Löfgren, K. G. (2000). Renewable Resources and Economic Sustainability: A Dynamic Analysis with Heterogeneous Time Preferences. *Journal of Environmental Economics and Management* , 236–250.
- Perman, R., Ma, Y., McGilvray, J., & Common, M. (2003). *Natural Resource and Environmental Economics*. Essex: Pearson Education.
- Stern, N. H. (2006, October 30). *Stern Review Report*. Retrieved Juni 1, 2008, from HM Treasury: http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm
- Weitzman, M. L. (2007, September). A Review of The Stern Review on the Economics of Climate Change. *Journal of Economic Literature* , 703-724.
- Weitzman, M. L. (2001). Gamma Discounting. *The American Economic Review* , 260-271.
- Weitzman, M. L. (1998). Why the Far-Distant Future Should Be Discounted at Its Lowest Possible Rate. *Journal of Environmental Economics and Management* , 201-208.