



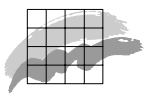
Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Projecktvrdering over tid

– aspekter af diskonteringsproblemstillingen

Arbejdsrapport fra DMU, nr. 193

[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Projektvurdering over tid

– aspekter af diskonteringsproblemstillingen

Arbejdsrapport fra DMU, nr. 193
2003

Flemming Møller

Datablad

Titel: Undertitel	Projektvurdering over tid - aspekter af diskonteringsproblemstillingen
Forfatter: Afdeling:	Flemming Møller Afdeling for Systemanalyse
Serietitel og nummer:	Arbejdsrapport fra DMU nr. 193
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Miljøministeriet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsestidspunkt: Redaktionen afsluttet:	November 2003 Oktober 2003
Faglig kommentering:	Lisbeth Strandmark (Miljøstyrelsen), Camilla Damgaard (Miljøstyrelsen), Emil Husted Erichsen (Miljøstyrelsen), Mette Larsen (Energistyrelsen), Peter Trier (Energistyrelsen), Thomas Thomsen (Energistyrelsen), Kaare Clemmesen (Finansministeriet), Søren Bo Nielsen (Copenhagen Business School), Anders Larsen (Amternes og Kommunernes Forskningsinstitut), Niels Buus Kristensen (COWI), Hanne Bach
Finansiel støtte:	Miljøstyrelsen
Bedes citeret:	Møller, F. 2003: Projektvurdering over tid - aspekter af diskonteringsproblemstillingen. Danmarks Miljøundersøgelser. 170 p. – Arbejdsrapport fra DMU nr. 193. http://arbejdsrapporter.dmu.dk
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Sammenfatning:	Rapporten redegør for de væsentligste aspekter af diskonteringsproblemstillingen. Betydningen af at skelne mellem diskontering af nytte og forbrug fremhæves. Det afvises at diskontere nytteændringer, mens forbrugsændringer kan diskonteres med en forbrugsdiskonteringsrate, der afspejler den forventede forbrugsvækst. Herved omregnes projektets forbrugsstrøm til en nyttestrøm. Prioritering mellem projekter bør ske på grundlag af et kriterium for retfærdig fordeling af nytte mellem generationer. Der gøres dog ikke forsøg på at opstille et sådant kriterium. Hensynet til de alternative afkastmuligheder indarbejdes i projektvurderingen som et afkastkrav. Rapporten behandler endvidere følgende emner: Fastsættelse af starttidspunkt og levetid for projekter, annuisering, diskontering af miljøeffekter og hyperbolsk diskontering. Endelig fremlægges et empirisk materiale, der kan danne grundlag for fastsættelsen af forbrugsdiskonteringsraten og afkastkravet.
Emneord:	Diskontering, projektvurdering, tidsfastsættelsesproblemet, retfærdig fordeling mellem generationer
ISSN (elektronisk):	1399-9346
Sideantal:	170
Internetversion:	Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU's hjemmeside http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_arbejdsrapporter/rapporter/AR19
3	
Købes hos:	Miljøministeriet Frontlinien Strandgade 29 1401 København K Tlf.: 32 66 02 00 frontlinien@frontlinien.dk www.frontlinien.dk

Indholdsfortegnelse

Forord	s.7
Indledning	s.8
Konklusioner og anbefalinger	s.10
Kapitel 1 Diskonteringsproblemstillingen	s.19
Kapitel 2 Tidspræferencerne - nyttediskonteringsraten	s.24
2.1 Isolationsparadokset	s.25
2.2 Efficiens- og fordelingshensynet	s.27
2.3 Sammenfatning	s.28
Kapitel 3 Fremtidige velstandsforbedringer - forbrugsdiskonteringsraten	s.29
3.1 En formel for forbrugsdiskonteringsraten	s.29
3.2 Den reale markedsrente efter skat	s.30
3.3 Unikke forbrugsgoder	s.31
3.4 Sammenfatning	s.31
Kapitel 4 Alternativafkastet - den alternative afkastrate	s.32
4.1 Den simple tilgang til at diskontere med den alternative afkastrate	s.32
4.1.1 Efficiensargumentet - hensynet til det alternative afkast	s.32
4.1.2 Det marginale velfærdsøkonomiske reale alternativafkast	s.33
4.2 Svagheden ved at anvende den alternative afkastrate som diskonteringsrate	s.34
4.3 Optimumstilgangen til fastsættelsen af diskonteringsraten - Ramsey reglen	s.35
4.4 Second best fastsættelse af diskonteringsraten	s.38
4.4.1 Sandmo & Drèze modellen	s.39
4.4.2 Illustration af second best resultaterne og hensynet til projektets indirekte konsekvenser	s.42
4.5 Sammenfatning	s.45
Kapitel 5 Den internationale rente	s.47
Kapitel 6 Forrentningsfaktoren på kapital (skyggeprisen på kapital)	s.50
6.1 Formler for forrentningsfaktoren på kapital	s.51
6.1.1 UNIDO-formlen - den investerede kapital bevares eller forøges	s.51
6.1.2 Annuitetsbaseret formel - den investerede kapital forbruges	s.53
6.1.3 Netto-afkastrate eller brutto-afkastrate	s.54
6.1.4 Alternative formler - afkast år 0	s.55
6.2 Diskontering med forrentningsfaktoren på kapital	s.55
6.3 Diskonteringsraten som et gennemsnit af forbrugsdiskonteringsraten og den alternative afkastrate	s.56
6.4 Sammenfatning	s.58
Kapitel 7 Sammenligning af projekter med forskellig tidshorizont - annuisering	s.59
7.1 Valg af fælles tidshorizont ved sammenligning af flere projekters nutidsværdi	s.59
7.2 Annuisering - kapitalindvindingsfaktoren	s.60
7.3 Annuisering af kapitalomkostninger beregnet ved brug af forrentningsfaktoren på kapital	s.61
Kapitel 8 Nutidsværdiberegninger - regneeksempler	s.63
8.1 Beplantning af 1 ha med rødgran	s.63
8.2 Årlige netto-benefits hhv. tidligt og sent i perioden	s.65
8.3 Annuitetsberegninger	s.66
Kapitel 9 Empiri om den velfærdsøkonomiske diskonteringsrate	s.69
9.1 Den marginale alternative reale afkastrate	s.69
9.1.1 Den reale effektive markedsrente før skat - nominel rente korrigeret for hhv. faktisk og forventet inflation	s.69
9.1.2 Beregnede realafkast ud fra nationalregnskabet	s.72

9.1.3	Afkastningsgraden i industrien	s.74
9.1.4	Sammenfatning	s.75
9.2	Den internationale lånerente og statens lånerente	s.76
9.2.1	Den tyske realrente	s.76
9.2.2	Statens lånerente	s.77
9.3	Forbrugsdiskonteringsraten	s.78
9.3.1	10-årig statsobligationsrente - Nationalbankens beregninger	s.79
9.3.2	Effektiv rente på statsobligation - 4 pct. S2017	s.80
9.3.3	Pengeinstitutternes indlåns- og udlånsrente	s.81
9.3.4	Forbrugsdiskonteringsraten udtrykt i interviewundersøgelser og konstruerede forsøg	s.83
9.3.5	Forbrugsdiskonteringsraten beregnet ud fra formlen herfor	s.86
9.4	Den individuelle og den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate	s.86
9.5	Opsummering	s.87
	Appendiks 9.1 Tabeller	s.90
Kapitel 10	Tidsfastsættelsesproblemet	s.103
10.1	Det generelle tidsfastsættelsesproblem	s.104
10.2	Optimal økonomisk levetid	s.105
10.2.1	Engangsinvestering	s.106
10.2.2	Investeringskæder	s.111
10.2.3	Konstante netto-benefits	s.115
10.3	Optimalt starttidspunkt	s.115
10.3.1	Nyt projekt	s.116
10.3.2	Erstatning af eksisterende investering	s.119
10.4	Behandlingen af allerede afholdte investeringer	s.123
10.4.1	Teknikvalg	s.124
10.4.2	Optimalt udskiftningstidspunkt	s.126
10.4.3	Begrænset planlægningshorisont	s.127
10.5	Konklusion	s.128
Appendiks	10.1 Formeloversigt	s.129
Appendiks	10.2 Optimale start- og ophørstidspunkter ved ren kalendereffekt	s.132
Appendiks	10.3 Optimale start- og ophørstidspunkter ved både alders- og kalendereffekt	s.133
Appendiks	10.4 Investeringskæder med uendelig tidshorisont	s.136
Kapitel 11	Diskontering af miljøeffekter	s.137
11.1	Behovet for en særlig diskonteringsrate for miljøeffekter	s.137
11.1.1	Det miljøkvalitetsbevarende alternativafkast	s.138
11.1.2	Den miljø-usikkerhedskorrigerede diskonteringsrate	s.140
11.1.3	Anbefaling	s.143
11.2	Diskontering af ikke-prissatte miljøeffekter	s.144
11.3	Diskontering af ikke-varige miljøeffekter - skovrejsning og CO ₂ -binding	s.147
11.4	Afgrænsning af diskonteringsrelevans - uoprettelige skader, dødsrisiko og den kritiske naturkapital	s.149
11.5	Opsummering	s.151
Kapitel 12	Diskontering og nytteetik - hensynet til fremtidige generationer	s.152
12.1	Tidligere filosofers og økonomers opfattelser af diskonteringsproblemet	s.152
12.2	Argumenter mod diskontering	s.153
Kapitel 13	Hyperbolsk diskontering	s.156
13.1	Individuelle tidspræferencer og simpel hyperbolsk diskontering	s.157
13.2	Weber-Fechners lov og logaritmisk diskontering	s.157
13.3	Weitzmans pragmatiske begrundelse for Gamma-diskontering	s.158
13.4	Regneeksempler med hyperbolsk diskontering	s.161
13.5	Problemer med ikke-konstant diskontering	s.163
13.6	Opsummering	s.164
Litteratur		s.165
Bilag I	Variabel- og parameterbetegnelser	s.169
Bilag II	Diskret tid og kontinuert tid - rente og rentestyrke	s.170

Forord

Denne rapport er resultatet af et samarbejdsprojekt mellem Miljøstyrelsen og Danmarks Miljøundersøgelser, der har finansieret hver halvdel af projektet. I tilknytning til projektet, der er udført af seniorforsker Flemming Møller fra Danmarks Miljøundersøgelser, blev der nedsat en følgegruppe med følgende medlemmer:

Fuldmægtig Lisbeth Strandmark, Miljøstyrelsen (formand)
Fuldmægtig Camilla Damgaard, Miljøstyrelsen (indtil juni 2003)
Fuldmægtig Emil Husted Erichsen, Miljøstyrelsen (fra juli 2003).
Fuldmægtig Mette Larsen, Energistyrelsen
Fuldmægtig Peter Trier, Energistyrelsen
Fuldmægtig Thomas Thomsen, Energistyrelsen
Chefkonsulent Kaare Clemmesen, Finansministeriet
Professor Søren Bo Nielsen, Copenhagen Business School
Vicedirektør Anders Larsen, Amternes og Kommunernes Forskningsinstitut
Niels Buus Kristensen, COWI

Medlemmerne af følgegruppen takkes alle for deres konstruktive kommentarer under de forskellige faser af rapportens tilblivelse. Ansvar for dennes konklusioner og anbefalinger samt eventuelle fejl og mangler er dog alene forfatterens.

Rapporten erstatter ikke Miljøministeriets ”Vejledning i samfundsøkonomisk projektvurdering”, (2000) men er et led i et forsknings- og udredningsarbejde, der også omfatter den økonomiske bæredygtighedsproblemstilling og spørgsmålet om retfærdig fordeling af nytte mellem generationer. Det er hensigten med dette arbejde at bidrage til udviklingen af de velfærdsøkonomiske metoder til vurdering over tid.

Indledning

Den velfærdsøkonomiske projektvurdering omfatter sammenvejning af projektets konsekvenser i to dimensioner - på den ene side sammenvejning af forskellige typer af konsekvenser og på den anden side sammenvejning af konsekvenser, der indtræffer på forskellige tidspunkter. Den første sammenvejning sker ved anvendelse af såkaldte beregningspriser og resulterer i en opgørelse af værdien af projektets benefits og costs periode for periode. Den anden tidsmæssige sammenvejning af de enkelte perioders netto-benefits benævnes *diskontering* og foretages normalt ved anvendelse af en *diskonteringsrate*, som er udtryk for den rate, hvorved den velfærdsmæssige værdi af fremtidige konsekvenser reduceres år for år. Emnet for denne rapport er valget af diskonteringsmetode og diskonteringsrate i velfærdsøkonomiske analyser. Ofte benævnes diskonteringsraten også *kalkulationsrente*; men i denne rapport er benævnelsen diskonteringsrate valgt, fordi den mere direkte angiver, at der fundamentalt set er tale om at sammenveje tidsmæssigt forskelligt placerede netto-benefits.

I februar 2000 udgav Miljø- og Energiministeriet "Vejledning i samfundsøkonomisk projektvurdering" - jf. Møller et al. (2000). Heri anbefales det som udgangspunkt at diskontere fremtidige netto-benefits med en tidspræferencebestemt diskonteringsrate på 3 pct. Nutidsværdien af alternative afkastmuligheder for den foretagne investering indarbejdes i projektvurderingen ved brug af en såkaldt forrentningsfaktor på kapital. Denne fastsættes som udgangspunkt på grundlag af en alternativ afkastrate på 6 pct. og den omtalte diskonteringsrate på 3 pct. - jf. tillæg til vejledningen af 15. august 2001

Nogenlunde samtidig med Miljø- og Energiministeriet udgav Finansministeriet "Vejledning i udarbejdelse af samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger" - jf. Finansministeriet 1999. I denne vejledning anbefales det at diskontere fremtidige netto-benefits ved brug af en diskonteringsrate på 6 pct. Det er ikke helt klart, om denne rente udtrykker samfundets tidspræference eller afkastraten for alternative investeringer.

Diskontering efter hhv. Miljø- og Energiministeriets og Finansministeriets vejledning fører ikke til samme resultat. Problemstillingen er især tydelig ved vurdering af meget langsigtede projekter såsom skovrejsning og andre miljøprojekter, hvis fordele først viser sig efter mange år. Uanset hvilket traditionelt diskonteringsprincip, der benyttes, vil disse fordele ikke blive tillagt særlig stor vægt. Man har da også inden for skovøkonomien i mange år arbejdet med relativt lave diskonteringsrater, ligesom det gang på gang fra bl.a. interessegrupper på miljøområdet er blevet fremhævet, at diskonteringen fører til urimelige resultater - såsom at det velfærdsmæssige tab ved ødelæggelsen af et unikt økosystem skulle være mindre, hvis ødelæggelsen først finder sted om 100 år frem for nu.

Hvor skovøkonomiens valg af en lav diskonteringsrate formentlig i nogen grad må anses for pragmatisk bestemt af denne produktionssektors særlige vilkår, hviler kritikken af diskonteringen af visse miljømæssige konsekvenser i vid udstrækning på, at der ikke herved tages tilstrækkeligt hensyn til fremtidige generationer. Dette er et reelt problem, som kun kan løses ved at opstille egentlige kriterier for dette hensyn, og derefter undersøge, på hvilken måde kriteriet for fordeling mellem generationer påvirker diskonteringsprincippet.

Der er på denne baggrund et klart behov for at skabe overblik over de forskellige aspekter af diskonteringsproblemstillingen og gøre rede for fordele og ulemper ved de forskellige diskonteringsmetoder. Dette er det primære formål med denne rapport. Herudover præsenteres det empiriske grundlag for at fastsætte en diskonteringsrate for danske forhold. En række specifikke problemstillinger - sammenligning af projekter med forskellig tidshorisont, fastsættelsen af det optimale investeringstidspunkt, diskontering af miljøeffekter - omtales også. Endelig overvejes, hvorvidt det diskonterede nytteprincip i alle tilfælde er et velegnet prioriteringsprincip, når der er tale om meget lange tidshorisonter, og der er et udtalt ønske om at tage hensyn til fremtidige generationer. Der præsenteres herunder en række argumenter mod diskontering eller for delvis diskontering. Den samlede fremstilling har til hensigt nærmere at afgrænse anvendelsen af det diskonterede nytteprincip samt anviser den mest hensigtsmæssige diskonteringsmetode i de tilfælde, hvor diskontering er relevant.

Diskonteringsproblemstillingen er undertiden blevet sammenkædet med risikoproblemstillingen. Det er blevet foreslået at anvende en diskonteringsrate, som også omfatter en særlig risikopræmie. Denne måde at håndtere den med projekterne forbundne risiko på er dog ikke tilfredsstillende. Diskonteringen og håndterin-

gen af risikoproblemstillingen bør holdes adskilt. Denne problemstilling er derfor heller ikke omfattet af denne rapport.

Konklusioner og anbefalinger

Diskonteringen er knyttet til det utilitaristiske princip om at allokere samfundets knappe produktionsfaktorer og råstoffer på en sådan måde, at summen af nytte bliver størst mulig. Opfyldelsen af dette kriterium giver i forbindelse med vurderingen af projekter - dvs. aktivitetsændringer, der indebærer en omallokering af de nævnte ressourcer - anledning til to overordnede problemstillinger, der traditionelt er blevet forbundet med diskonteringen:

- Hvordan summeres tidsmæssigt forskelligt placerede nytteændringer
- Hvordan tages der hensyn til et eventuelt mistet alternativt afkast

Det er en klar fordel at holde disse to problemstillinger adskilt. Projektvurderingen gennemføres i så fald ved først på den ene side at beskrive den netto-benefitstrøm, som projektet direkte giver anledning til, og på den anden side beskrive den netto-benefitstrøm, som eventuelt indirekte mistes ved at undlade alternative aktiviteter. Herefter beregnes nutidsværdien af hver netto-benefitstrøm ved diskontering med en diskonteringsrate fastsat på grundlag af samfundsmæssige tidspræferencer. Ud fra de beregnede nutidsværdier er det endelig muligt at afgøre, om projektet bør gennemføres.

Nutidsværdien af projektets og den alternative netto-benefitstrøm beregnes på følgende måde:

$$W_{\text{projekt}} = \sum_{t=0}^T \frac{B_{\text{projekt}}(t) - C_{\text{projekt}}(t)}{(1+d)^t} \quad W_{\text{altern}} = \sum_{t=0}^T \frac{B_{\text{altern}}(t) - C_{\text{altern}}(t)}{(1+d)^t}$$

hvor W_{projekt} = nutidsværdien af hhv projektets og den alternative netto-benefitstrøm
 $B(t) - C(t)$ = netto-benefits i år t for hhv. projektet og den alternative ressourceanvendelse
 d = diskonteringsraten
 T = vurderingens tidshorisont

Undertiden sammenkobles de to problemstillinger gennem fastsættelse af et optimalt udviklingsforløb for anvendelsen af samfundets knappe produktionsfaktorer og råstoffer. Som et resultat af optimeringen bestemmes et sæt skyggepriser på de forskellige goder og en diskonteringsrate, hvis størrelse afhænger af kapitalens marginale afkast i optimumsforløbet og en tidspræferencebestemt forbrugsdiskonteringsrate. De optimumsbestemte skyggepriser og optimumsforløbets diskonteringsrate kan herefter anvendes i forbindelse med projektvurderingen.

På grund af det såkaldte second best problem bør man imidlertid være varsom med at anvende optimumsforløbets priser og diskonteringsrate i forbindelse med vurderingen af projekter, der gennemføres med udgangspunkt i en inoptimal situation. Hertil kommer, at skyggepriserne er vanskelige at fastsætte i praksis. Derfor anbefales det, at se bort fra denne tilgang til projektvurderingen og diskonteringen.

På denne baggrund koncentrerer fremstillingen i denne sammenfatning om, hvorledes tidsmæssigt forskelligt placerede nytte- eller forbrugsændringer bør summeres, og om hvorledes der bør tages hensyn til et eventuelt mistet alternativt afkast - dvs. hvorledes man fastsætter den netto-benefitstrøm, som mistes, ved at projektet gennem omallokeringen af de knappe produktionsfaktorer og råstoffer fortrænger alternative velfærdsskabende aktiviteter. Herefter gøres der kort rede for, hvorledes diskonteringen gribes an i en række udvalgte lande, og endelig anbefales en fremgangsmåde for diskonteringen.

Summering af tidsmæssigt forskelligt placerede nytte- og forbrugsændringer

En lang række undersøgelser viser, at personer har positive tidspræferencer. Det er derimod tvivlsomt, om disse kan sammenfattes i en enkelt *individuel nytte* diskonteringsrate ρ_{nd} - jf. afsnit 9.3.4. Denne er snarere faldende over tiden - såkaldt hyperbolsk diskontering, jf. kapitel 13 - ligesom andre forhold, der ikke kan udtrykkes ved en diskonteringsrate, spiller ind i forbindelse med personers valg over tid. Der er samtidig temmelig vægtige etiske argumenter for ikke at diskontere tidsmæssigt forskelligt placerede nytteændringer - jf. kapitel 2 og kapitel 12 - dvs. den *samfundsmæssige nytte* diskonteringsrate ρ bør være nul. Hvorfor skulle

alt andet lige en nytteændring for en fremtidig person i etisk henseende være mindre værdifuld end en nytteændring for en nulevende person? Med hensyn til intertemporale valg er der altså meget, der taler imod at basere disse på personers præferencer.

Det må erkendes, at fremtidige nytteændringer er særdeles usikre - både fordi den teknologiske og politiske udvikling er delvis ukendt, og fordi fremtidige personers præferencer er ukendte. Det er meget vanskeligt, at indarbejde disse usikkerhedselementer i projektvurderingen. Problemstillingen behandles ikke i denne rapport. Det anbefales således at adskille behandlingen af usikkerhedsproblemstillingen fra diskonteringsproblemstillingen og at undlade at tage hensyn til usikkerheden gennem valget af en særlig usikkerhedskorrigeret nytte diskonteringsrate.

Når diskontering af tidsmæssigt forskelligt placerede nytteændringer afvises, bliver spørgsmålet, hvorledes disse i stedet bør summeres. En simpel summering af nytteændringerne er ikke hensigtsmæssig, da der her ved ikke tages hensyn til fordelingen af nytten mellem generationer. For at imødekomme dette hensyn bør der udvikles et egentligt retfærdighedskriterium for fordeling af nytte mellem generationer. Dette er indtil videre ikke lykkedes på tilfredsstillende vis.

Selvom diskontering af nytteændringer bør undlades, kan der fortsat argumenteres for at diskontere værdien af forbrugsændringer. Hovedargumentet er, at hvis personer i fremtiden forventes at blive bedre stillet i velfærdsmæssig henseende, så vil den marginale nytte af en forbrugsændring være faldende over tid. Den såkaldte *forbrugsdiskonteringsrate* i er i så fald positiv og kan bestemmes som produktet af den forventede vækstrate for velfærden og elasticiteten for den marginale nytte af forbrug eller indkomst - jf. *afsnit 3.1*.

Det empiriske belæg for at kvantificere forbrugsdiskonteringsraten er relativt svagt - jf. *afsnit 9.3*. Der foreligger ganske vist skøn vedrørende den fremtidige økonomiske vækst, men om denne giver anledning til en egentlig velfærdsmæssig vækst er ikke sikkert - dette afhænger i høj grad af, hvorledes udbudet og kvaliteten af ikke-markedsomsatte goder såsom miljøgoder påvirkes af væksten. Det er også vanskeligt at finde præcist empirisk belæg for størrelsen af elasticiteten for den marginale nytte af forbrug. Hvis man imidlertid antager, at den reale vækst i forbruget i vid forstand i fremtiden er 1 - 2 pct. om året, og at elasticiteten for den marginale nytte af forbrug er i størrelsesordenen 1 - 2, kan forbrugsdiskonteringsraten beregnes til 1 - 4 pct.

Hvis de eksisterende reale markedsrenter efter skat antages i nogen grad at afspejle forbrugernes forbrugsdiskonteringsrate, tyder det foreliggende empiriske materiale på, at denne maksimalt er 3 pct. Denne rate dækker i så fald også en eventuel individuel nytte diskonteringsrate. På denne baggrund anbefales det derfor som udgangspunkt at anvende en forbrugsdiskonteringsrate $i = 2$ pct. i forbindelse med velfærdsøkonomiske beregninger.

Da denne anbefaling hviler på et såvel empirisk som teoretisk relativt spinkelt grundlag, anbefales det parallelt med beregningen af nutidsværdien af projektets forbrugsændringer ved diskontering med en diskonteringsrate på 2 pct. at beregne værdien af dets samlede netto-forbrugsbidrag uden diskontering. Argumentet for dette er, at selvom fremtidige personer forventes at blive bedre stillet i forbrugsmæssig henseende, så er det ikke sikkert, at deres marginale nytte af forbrug er mindre end nulevende personers. Fremtidige personer stiller måske større krav til velstanden. Beregningen af projektets totale netto-forbrugsskabelse bør dog suppleres med en vurdering af, om det giver anledning til en urimelig intertemporal fordeling af velfærden.

Hensynet til et eventuelt mistet alternativt afkast

For at acceptere et projekt er det ikke tilstrækkeligt, at summen af dets netto-forbrugsskabelse eller nutidsværdien heraf ved diskontering med 2 pct. er positiv. Nutidsværdien bør også være større end den nutidsværdi, som mistes, ved at projektet fortrænger andre aktiviteter i samfundet. Det er altså helt afgørende for vurderingen af projektets fordelagtighed, at det er muligt at beskrive, hvilke aktiviteter der fortrænges, og hvilket netto-forbrug eller velfærdsøkonomisk afkast disse ville have givet anledning til.

I forsøget på at beskrive de fortrængte afkastmuligheder kan man anlægge to forskellige betragtningsmåder:

- Man kan anlægge en *realistisk* betragtningsmåde og beskrive, hvilke aktiviteter der faktisk bliver fortrængt ved at gennemføre projektet, og hvilket velfærdsøkonomiske netto-forbrug der faktisk mistes herved.
- Man kan anlægge en *hypotetisk* betragtningsmåde og beskrive, hvilke velfærdsøkonomiske afkastmuligheder der alternativt står til rådighed for samfundet, og som projektet derfor mindst bør kunne leve op til.

Den realistiske betragtningsmåde stiller meget store krav til beskrivelsen af de adfærdsmæssige reaktioner på såvel projektets aktiviteter som på dets finansiering. Som analyserne i *afsnit 4.4* viser, er der en række forskellige efterspørgsels-, substitutions- og skatteeffekter involveret, som det kan være meget vanskeligt at beskrive i praksis. Der er ikke tvivl om, at den realistiske betragtningsmåde må foretrækkes i forbindelse med en second best velfærdsøkonomisk analyse; men de praktiske muligheder for at gennemføre en sådan analyse er meget små.

Man anlægger da også normalt en hypotetisk betragtningsmåde i forbindelse indarbejdelsen af de alternative afkastmuligheder i projektvurderingen - dette hvadenten begrundelsen herfor er inspireret af en optimalitetstankegang, jf. *afsnit 4.3*, eller begrundelsen er de manglende muligheder for at benytte den realistiske betragtningsmåde. Der argumenteres således for, at når andre offentlige eller private investeringer har en marginal velfærdsøkonomisk afkastrate på q , eller når samfundet alternativt kan udlåne midler til udlandet til en international rente på r , så bør projektet mindst give anledning til tilsvarende afkast. Argumentationen for et sådant afkastkrav til projektet kan forstås på to måder

- enten som et udtryk for, at projektet faktisk fortrænger andre aktiviteter, der ville have givet de pågældende afkast
- eller som udtryk for, at de midler, som anvendes på projektet, kan anvendes på anden måde, hvorfor projektets anvendelse af midlerne bør være bedre end de alternative anvendelsesmuligheder.
-

I den førstnævnte fortolkning er der tale om en hypotese eller antagelse om, at projektet faktisk fortrænger andre aktiviteter. I den anden fortolkning er der tale om en hypotese vedrørende, hvad man alternativt kunne gøre. Uanset hvilken af disse to hypotetiske betragtningsmåder der anlægges, er det på den ene side centralt at fastsætte størrelsen af den alternative marginale reale velfærdsøkonomiske afkastrate og på den anden side afgørende at bestemme, hvorledes denne skal indarbejdes i projektvurderingen.

Med hensyn til afkastratens størrelse viser det i *afsnit 9.1* fremlagte empiriske materiale, at der ikke foreligger statistiske oplysninger om marginale velfærdsøkonomiske afkast. Der foreligger udelukkende indikatorer på gennemsnitlige budgetøkonomiske afkast. I betragtning af, at de fleste markedsøkonomiske aktiviteter i større eller mindre grad giver anledning til negative eksternaliteter, og at der kun i mindre udstrækning betales for disse, må de budgetøkonomiske afkastrater formentlig anses for overkantsskøn for de velfærdsøkonomiske.

De faktisk realiserede gennemsnitlige reale netto-afkastrater i dansk økonomi har inden for de seneste 30 - 40 år været af størrelsesordenen 3 - 6 pct. Som gennemsnitlige rater repræsenterer de overkantsskøn for de realiserede marginale afkastrater. Som minimumsindikatorer på de marginale rater kan man benytte den reale markedsrente før skat. Denne har inden for de seneste 40 år ligget på gennemsnitligt 5 pct. Man må imidlertid være opmærksom på, at det for en lille åben økonomi som den danske også er muligt at låne på de internationale finansmarkeder. Med den tyske rente som indikator, har den internationale reale markedsrente i gennemsnit ligget på ca. 4 pct. inden for de seneste 20 år. Denne rate kan fortolkes som det absolutte minimumskrav til det marginale budgetøkonomiske afkast på danske investeringer.

Ud fra disse indikatorer på marginale reale budgetøkonomiske afkastrater, der må antages at udgøre overkantsskøn for den marginale reale velfærdsøkonomiske afkastrate, forekommer det ikke urimeligt at forudsætte, at denne på længere sigt i gennemsnit vil være omkring 5 pct. Det anbefales at anvende denne rate i velfærdsøkonomiske analyser.

Spørgsmålet er herefter, hvorledes der tages hensyn til denne alternative afkastmulighed i forbindelse med den velfærdsøkonomiske analyse. I *afsnit 4.1* og *4.2* argumenteres der mod direkte at benytte den alternative afkastrate som diskonteringsrate. Der tages herved ikke tilstrækkeligt hensyn til projektets og de alternative investeringsmuligheders forskellige tidsprofiler. Det er en bedre løsning at anvende *forrentningsfaktoren*

(skyggeprisen) på kapital f_K - jf. afsnit 6.1 og 6.2. Denne er udtryk for nutidsværdien af én krone investeret til den alternative afkastrate. Ved at antage, at en vis andel af de i projektet investerede midler alternativt ville være blevet investeret til denne rate, får man altså ved at multiplicere værdien af disse midler med forrentningsfaktoren et udtryk for nutidsværdien af det mistede alternative afkast. På baggrund af de ovenfor omtalte skøn for forbrugsdiskonteringsraten i på 2 pct. og den marginale reale velfærdsøkonomiske afkastrate q på 5 pct. bør forrentningsfaktoren på kapital beregnes på grundlag af disse to rater. I Miljøministeriets "Vejledning i samfundsøkonomisk projektvurdering" - jf. Møller et al. (2000) - anbefales det, at beregne f_K på grundlag af $q = 6$ pct. og $i = 3$ pct.

Der er imidlertid også svagheder ved at benytte forrentningsfaktoren på kapital i forbindelse med diskonteringen. Faktorens anvendelse kræver, at der gøres forudsætninger, om hvor stor andel af projektets investeringsmidler, der alternativt kan eller vil blive investeret på anden vis, og om hvor stor andel af det årlige afkast, der geninvesteres. Endelig er faktoren ikke defineret for en uendelig tidshorisont og en forbrugsdiskonteringsrate på nul. Disse svagheder deler forrentningsfaktoren med den direkte anvendelse af den alternative afkastrate som diskonteringsrate.

Når det i denne rapport anbefales at gå bort fra anvendelsen af forrentningsfaktoren på kapital i forbindelse med diskonteringen, skyldes det primært, at Danmark er en lille åben økonomi, som altid vil kunne investere til en alternativ afkastrate svarende til den internationale rente. Samtidig kan afkastraten gennem lånearrangementer opnås ved en hvilken som helst tidsprofil for afkastet. Det er derfor muligt at se bort fra den alternative netto-benefitstrøms tidsprofil og alene benytte den alternative afkastrate på 5 pct. som et afkastkrav til projekterne. Kun de projekter, der kan leve op til dette krav - dvs. har en positiv nutidsværdi ved diskontering med en diskonteringsrate på 5 pct. - bør accepteres.

Prioriteringen mellem de projekter, som lever op til afkastkravet, bør imidlertid ikke baseres på disse nutidsværdiberegninger. Dette ville forudsætte, at projekterne kunne og faktisk blev suppleret med diverse lånearrangementer til mindst 5 pct. i rente. I så fald kunne der helt ses bort fra deres tidsprofil. En sådan tilgang til vurderingen må anse for særdeles hypotetisk, og derfor er det valgt i denne rapport også at inddrage tidsprofilen i vurderingen. Dette sker ved at diskontere det enkelte projekts netto-forbrugsstrøm med en forbrugsdiskonteringsrate på 2 pct. Herved omregnes netto-forbrugsstrømmen til en nyttestrøm. Den endelige vurdering af projekternes relative fordelagtighed sker herefter på grundlag af den skabte sum af nytte - dvs. projekternes nutidsværdi ved diskontering med en diskonteringsrate på 2 pct. - suppleret med en vurdering af projekternes fordeling af nytteændringen mellem generationer.

Andre anbefalede diskonteringmetoder og -rater - herunder i udlandet

I COWI/Trafikministeriet (2002) og Miljøstyrelsen (2003) er der gjort rede for valget af diskonteringstype og -rate i en række udvalgte lande. Det viser sig, at det kun er Miljøstyrelsen i Danmark, der anvender forrentningsfaktoren på kapital i forbindelse med diskonteringen. Alle andre institutioner i Danmark og de andre udvalgte lande benytter simpel diskontering med en given fast diskonteringsrate. Denne varierer imidlertid mellem institutioner og lande.

I nedenstående tabel er der vist en oversigt over de benyttede diskonteringsrater i en række forskellige lande. Begrundelserne for de forskellige rater varierer fra land til land; men der er nok en tendens til, at hensynet til de alternative afkastmuligheder spiller den primære rolle ved fastsættelsen af diskonteringsraten. Hertil kommer hensynet til risikoelementet - Norge - som det i denne rapport er valgt helt at adskille fra diskonteringssituationen. Endelig indgår hensynet til forbrugstidspræferencerne også i enkelte tilfælde i overvejelserne vedrørende diskonteringsratens størrelse - fx USA.

Tabel: oversigt over de benyttede diskonteringsrater i en række forskellige lande

Danmark ¹	Sverige	Norge ²	Finland	Tyskland	England	Holland	Frankrig ³	USA ⁴	EU
6 pct.	4 pct.	5 pct. 4 pct.	5 pct.	3 pct.	6 pct.	4 pct.	8 pct. 5 pct.	7 pct. 3 pct.	4 pct.

Kilde: COWI/Trafikministeriet (2002) og Miljøstyrelsen (2003)

Noter:

1. Finansministeriet anbefaler en diskonteringsrate på 6 pct. Miljøstyrelsen anbefaler en diskonteringsrate på 3 pct. kombineret med en forrentningsfaktor på kapital beregnet for en alternativ afkastrate på 6 pct.
2. I Norge anbefales en diskonteringsrate på 5 pct.; men for projekter der ikke er så afhængige af de usikre økonomiske konjunkturer kan anvendes en diskonteringsrate på 4 pct.
3. I Frankrig anbefales en diskonteringsrate på 8 pct.; men for drivhusgaseffekter benyttes en diskonteringsrate på 5 pct., fordi den relative beregningspris på disse effekter antages at vokse med 3 pct. om året.
4. I USA anbefales en diskonteringsrate på 7 pct.; men i en nyt manualforslag fra US Office of Management and Budget anbefales at benytte en rate på 3 pct., hvis projektet finansieres gennem forbrugsreduktion. Hvis projektet derimod antages at føre til en reduktion af private investeringer anbefales en diskonteringsrate på 20 - 25 pct. Endelig kan en diskonteringsrate på ned til 1 pct. komme på tale, hvis projektet strækker sig over flere generationer.

Diskonteringsrater i udvalgte lande

Anbefalingerne i denne rapport vedrørende valg af diskonteringsmetode og -rate, adskiller sig i høj grad fra dem, der fra internationalt officielt hold er fremherskende. Det er nok det seneste manualforslag fra US Office of Management and Budget, der med sin relativt nuancerede tilgang til diskonteringsproblemstillingen kommer nærmest til denne rapportes anbefalinger - jf. OMB (2003).

Anbefalinger

I det følgende opstilles et punktvis forslag til, hvorledes diskonteringsproblemstillingen bør gribes an. For at illustrere fremgangsmåden opstilles et praktisk eksempel.

1. Opgørelse af projektets netto-forbrugsstrøm for den anlagte tidshorisont

Opgørelsen af projektets netto-forbrugsstrøm bør ske efter de principper for konsekvensbeskrivelse og beregningsprisfastsættelse, som er opstillet i Miljøministeriets "Vejledning i samfundsøkonomisk projektvurdering" - jf. Møller et al. (2000). Resultatet af opgørelsen præsenteres i en tabel, hvor projektets nettoforbrugsskabelse angives år for år over den anlagte tidshorisont. Nedenfor er en sådan tabel vist for fire projekter, der ønskes vurderet over en 20-årige periode.

Tabel: Fire 20-årige projekter med hver deres fordeling af netto-forbruget over årene - mio. kr.

År	Projekt 1	Projekt 2	Projekt 3	Projekt 4
0	-100	-100	-100	-100
1	5	3	10	0
2	5	4	10	0
3	5	5	10	0
4	5	6	10	0
5	5	7	10	0
6	5	8	10	0
7	5	9	10	0
8	5	10	10	0
9	5	11	10	0
10	5	12	10	0
11	5	11	10	0
12	5	10	10	0
13	5	9	10	0
14	5	8	10	0
15	5	7	10	0
16	5	6	10	60
17	5	5	10	60
18	5	4	10	60
19	5	3	10	60
Sum	-5	38	90	140
Nutidsværdi (5 pct.)		-13,2	20,9	2,3
Nutidsværdi (2 pct.)		13,7	56,8	69,8

Det ses, at de skaber forskellige summer af netto-forbrug. Summen af netto-forbrug er mindst for *projekt 1* - nemlig i alt -5 mio. kr. Summen er med 38 mio. kr. højere for *projekt 2*, og for *projekt 3* og *projekt 4* stiger summen til hhv. 90 mio. kr. og 140 mio. kr. Alle fire projekter har et negativt netto-forbrug i år 0; men ellers er fordelingen heraf meget forskelligt over årene. Projekt 1 og 3 har en ligelig fordeling, mens forbruget i projekt 2 stiger de første 10 år for herefter frem til år 20 at falde til niveauet fra år 1. Endelig er projekt 4 karakteriseret ved, at netto-forbruget de første 13 år er 0, hvorefter det i de sidste 6 år et relativt højt.

På det foreliggende grundlag er det kun muligt at afvise projekt 1, hvis sum af netto-forbrug er negativ. Det kan aldrig være fordelagtigt at påføre en befolkning et forbrugstab i et givet år med henblik på at skabe en samlet sum af forbrug de følgende år, hvis denne sum er mindre end det oprindelige forbrugstab. De øvrige projekter kan derimod ikke umiddelbart afvises, da de samlet set over den betragtede periode resulterer i en positiv sum af forbrug. Der kan heller ikke prioriteres mellem dem, fordi forbrugsstrømmene først bør omregnes til nyttestrømme, og der endvidere i prioriteringen bør tages hensyn til, at de har forskellige tidsprofiler.

2. Vurdering af projektets afkast i forhold til den alternative netto-forbrugsstrøm

Hvis der som alternativ til det betragtede projekt kan opnås en marginal real afkastrate på 5 pct., bør projektet mindst give samme afkast for at blive accepteret. Denne anbefaling forudsætter dog, at der ikke er nogen form for begrænsninger på de alternative investerings- og lånemuligheder. Hvis der ikke er sådanne begrænsninger, er det nemlig muligt at opnå en hvilken som helst netto-forbrugsstrøm, der er karakteriseret ved en 5 pct.'s afkastrate. Som ét ydertilfælde er det muligt at opnå en forbrugsstrøm, hvor der lides et forbrugstab $-c$ nu og opnås en maksimalt forbrugsgevinst $c \cdot 1,05^T$ i den anlagte tidshorisonts sidste år T . Et andet ydertilfælde, hvor der skabes væsentligt mindre samlet forbrug, er i de følgende T år efter det første års forbrugstab at opnå en ligeligt fordelt forbrugsstrøm bestemt af kapitalindvindingsfaktoren $\alpha(i, T)$ - jf. afsnit 7.2. Endelig er det også muligt at opnå en alternativ netto-forbrugsstrøm, der er karakteriseret ved en 5 pct.'s afkastrate, og som har en tidsprofil svarende til det betragtede projekts tidsprofil.

Forudsætningen om, at der ikke er nogen form for begrænsninger på de alternative investerings- og lånemuligheder, forekommer realistisk for en lille åben økonomi som den danske. Forudsætningen indebærer, at tidsprofilen på det betragtede projekts netto-forbrugsstrøm bliver uden betydning ved sammenligningen af projektet med den alternative afkastmulighed. Sammenligningen kan koncentreres om projektets afkastrate, hvilket sker ved at beregne dets nutidsværdi ved en diskonteringsrate på 5 pct. Er denne nutidsværdi større end nul, bør projektet foretrækkes for alternativet.

I det opstillede eksempel er nutidsværdien ved diskontering med en rate på 5 pct. hhv. *-13,2 mio. kr.*, *20,9 mio. kr.* og *2,3 mio. kr.* for projekt 2, 3 og 4. Dermed må projekt 2 afvises, idet der ved passende investerings- og lånearrangementer kan opnås en alternativ netto-forbrugsstrøm, som i afkastmæssig henseende er bedre end projekt 2's og med hensyn til tidsprofilen er mindst lige så god.

Projekt 3 og 4 må begge foretrækkes for de alternative afkastmuligheder; men det er ikke på det foreliggende grundlag muligt at afgøre, hvilket af de projekter der bør foretrækkes. Projekt 3 giver ganske vist et højere afkast end projekt 4 og dets fordeling af nettoforbruget over årene er også væsentlig mere lige; men til gengæld skaber projekt 4 en større sum af forbrug.

Hvis det imidlertid antages, at det betragtede projekt kan og vil blive suppleret med diverse investerings- og lånearrangementer til en afkastrate på 5 pct., er det igen muligt at se bort fra tidsprofilproblemet. Ved hhv. at låne til forbrug og geninvestere forbrugsafkastet er det muligt med udgangspunkt i projektets nettoforbrugsstrøm at skabe en hvilken som helst forbrugsstrøm med samme nutidsværdi som projektets ved 5 pct.'s diskontering. Vurderingen kan i så fald koncentreres om projektets *potentielle netto-forbrugsskabelse*, der kan udtrykkes ved denne nutidsværdi.

I det foreliggende eksempel skaber projekt 3 potentielt mere nettoforbrug end projekt 4. Dets nutidsværdi ved diskontering med en diskonteringsrate på 5 pct. er større end projekt 4's nutidsværdi.

Med antagelsen om supplerende investerings- og lånearrangementer, kan prioriteringen mellem projekterne udelukkende koncentreres om deres potentielle netto-forbrugsskabelse. Ser man imidlertid bort fra disse suppleringsmuligheder og ønsker at vurdere, hvilket af de to projekters faktiske netto-forbrugsstrømme der bør foretrækkes, er det nødvendigt også inddrage deres respektive tidsprofiler i vurderingen.

3. Projektets nytteskabelse - diskontering af netto-forbrugsstrømmen med en forbrugsdiskonteringsrate på 2 pct.

Hvis man ikke antager, at projektet suppleres med andre investerings- og lånearrangementer, må vurderingen og prioriteringen i forhold til andre projekter baseres på dets faktiske samlede netto-forbrugsskabelse og tidsprofilen herfor.

Hvis det forventes, at forbrugsniveauet pr. person i velfærdsøkonomisk forstand i de kommende år vil stige ca. 2 pct. pr. år (og elasticiteten for den marginale nytte af indkomst er én) kan der argumenteres for at diskontere projektets netto-forbrugsstrøm med en diskonteringsrate på 2 pct. Hermed opnås en nyttestrøm - jf. *afsnit 3.1*. Vurderingen må herefter koncentreres om summen af den skabte nytte - dvs. projektets nutidsværdi ved diskontering med en diskonteringsrate på 2 pct. - og om fordelingen af nytte over den anlagte tidshorisont.

I det opstillede eksempel er nutidsværdien af projekt 3's netto-forbrugsstrøm ved diskontering med en rate på 2 pct. lig med *56,8 mio. kr.* Nutidsværdien af projekt 4's netto-forbrugsstrøm er *69,8 mio. kr.* Projekt 4 skaber altså en større samlet sum af nytte end projekt 3. Til gengæld er nytten væsentlig mere ulige fordelt over årene. En endelig vurdering af de to projekters relative fordelagtighed kræver altså et kriterium til at afveje den samlede nytteskabelse mod fordelingen heraf.

4. *Vurdering af projektets nytteidsprofil - om den giver anledning til problemer i relation til spørgsmålet om retfærdig fordeling af nytte mellem generationer*

Der kan argumenteres mod at diskontere nytteændringer - jf. *kapitel 12* - men dermed ikke være sagt, at en ligelig fordeling af nytten over tid bør foretrækkes, hvis der ved en ulige fordeling heraf kan skabes en større samlet sum af nytte. Det endelige valg af projekt kræver altså et *kriterium for retfærdig fordeling af nytte mellem generationer*, hvor summen af nytte afvejes mod fordelingen heraf. Et sådant endegyldigt kriterium foreligger ikke. Derfor må man indtil videre basere projektvalget på summen af nytte suppleret med en mindre stringent vurdering af, om projektets fordeling af nytte over tid er acceptabel.

I det opstillede eksempel skaber projekt 4 mere nytte end projekt 3; men nytten er til gengæld mere ulige fordelt - jf. *pkt. 3*. Spørgsmålet er derfor, om denne ulige fordeling trods alt er acceptabel. Dette er formentlig tvivlsomt. Personerne i år 0 skal give afkald på nytte svarende til 100 mio. kr. og det er først personer i år 16 - 19, der opnå en - ganske vist betydelig - nyttegevinst. Hvorvidt dette er rimeligt kan diskuteres; men det er ikke muligt på nuværende tidspunkt at give et klart svar herpå. Svaret afhænger af, hvilket kriterium for retfærdig fordeling af nytte over tid man anvender.

5. *Undersøgelse af om projektet giver anledning til konsekvenser for udbudet af unikke goder - fx visse miljø- eller sundhedseffekter - som det ikke forekommer rimeligt at diskontere selvom forbruget forventes at stige i fremtiden*

Under *punkt 4* blev projekternes nutidsværdi beregnet ved diskontering med en diskonteringsrate på 2 pct. Det skete med henvisning til en forventet vækst i forbrugsniveauet, således at den marginale nytte af forbrug forventes at falde over tid. Diskonteringen omsætter derfor en netto-forbrugsstrøm til en nyttestrøm..

Den nyttemæssige værdi af visse forbrugsgoder reduceres imidlertid ikke nødvendigvis, blot fordi det generelle forbrugsniveau stiger. Dette kan eksempelvis gælde visse miljø- eller sundhedsgoder - jf. *afsnit 3.3 og 12.2*. Den marginale nytte af et unikt naturområde bliver ikke nødvendigvis mindre, blot fordi samfundet generelt er blevet rigere i forbrugsmæssig henseende. Noget tilsvarende kan også tænkes at gælde nytten af med en given sandsynlighed at kunne helbredes for visse sygdomme eller undgå bestemte ulykkesrisici.

Det bør derfor undersøges, om det vurderede projekt har konsekvenser for udbudet af sådanne unikke forbrugsgoder. Man bør være varsom med at diskontere værdien heraf.

6. *Hvis projektvurderingen er en del af en teknikvalgsproblemstilling løses denne problemstilling først, og dernæst bestemmes et eventuelt optimalt udskiftningstidspunkt for eksisterende teknologier*

I visse tilfælde gennemføres projektvurderingen med henblik på at løse en teknikvalgsproblemstilling - dvs. vælge den velfærdsøkonomisk mest hensigtsmæssige teknologi til at løse en given opgave, fx valg af den mest hensigtsmæssige affaldsbehandlingsteknologi for en given affaldsmængde. I sådanne tilfælde gennemføres projektvurderingen ved først at sammenligne de nyttestrømme, der bliver resultatet af at benytte hver af de relevante teknologier eller løsningsmuligheder - jf. *pkt. 1 - 4*. De relevante teknologier kan såvel omfatte allerede benyttede teknologier som nye løsningsmuligheder. Resultatet af vurderingen bliver en angivelse af de relevante løsningsmuligheders relative fordelagtighed.

Hvis den givne opgave i forvejen løses på en bestemt måde ved anvendelse af en bestemt teknologi, bør den mest fordelagtige løsningsmulighed ikke nødvendigvis gennemføres med det samme. For at afgøre dette bør projektvurderingen suppleres med en analyse af det optimale udskiftningstidspunkt - jf. *kapitel 10* der også behandler andre sider af tidsfastsættelsesproblemstillingen.

7. *Udvis varsomhed med direkte diskontering af ikke-prissatte miljøeffekter og indarbejd forventninger om knaphed på visse miljøgoder i de relative beregningspriser*

Anbefalingerne i *pkt. 1 - 6* forudsætter at alle projektets forbrugskonsekvenser er prissat. Undertiden - særligt i forbindelse med cost effectiveness analyser - undlader man imidlertid at prissætte en række miljøkonsekvenser. Dette kan give anledning til et vurderingsproblem, hvis konsekvensernes tidsprofil varierer mellem de betragtede projekter. Hvis miljøkonsekvensernes beregningspriser må antages at variere over årene, kan man nemlig ikke blot diskontere miljøkonsekvenserne - jf. *kapitel 11*.

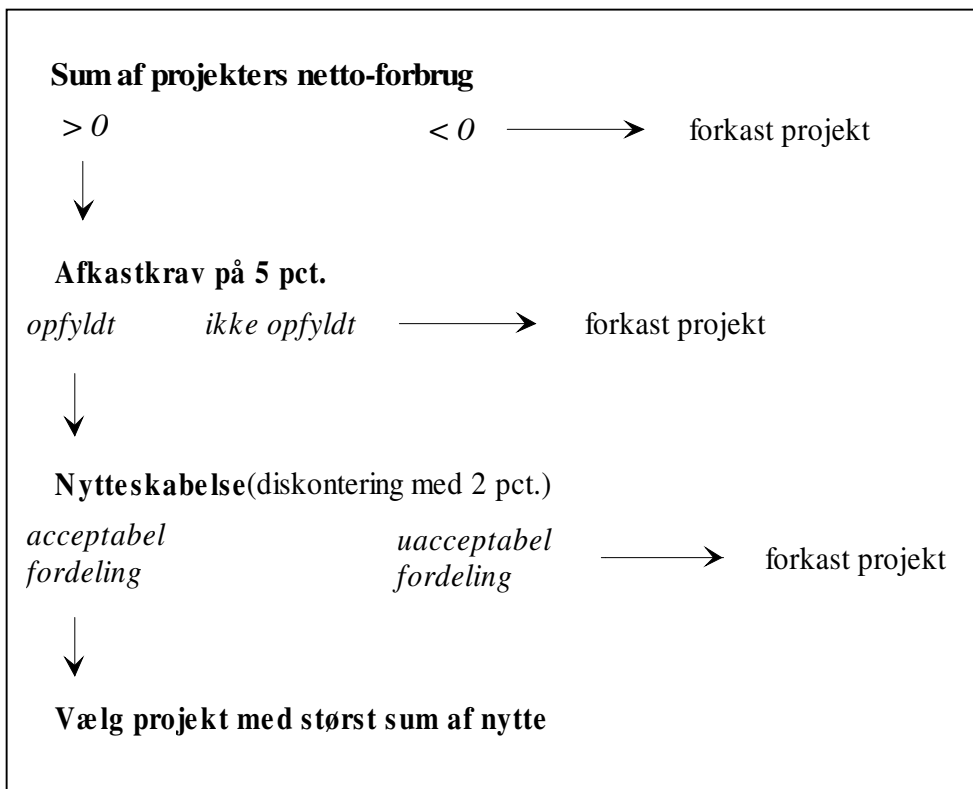
Undertiden argumenteres der for at benytte en særlig lav diskonteringsrate for miljøkonsekvenser, fordi miljøproblemerne antages at blive stadigt større i fremtiden. Denne fremgangsmåde kan ikke anbefales. Forventninger om ændringer i miljøkonsekvensernes velfærdsøkonomiske betydning bør indarbejdes i de benyttede beregningspriser, og vurderingen af de tidsmæssige aspekter bør ske efter ensartede principper, uanset hvilke typer af forbrugskonsekvenser der er tale om.

Sammenfattende anbefaling

Sammenfattende anbefales det som angivet i nedenstående figur, at et projekt for at være velfærdsøkonomisk fordelagtigt skal have en positiv nutidsværdi ved diskontering med en diskonteringsrate på 5 pct. Dette krav forudsætter, at det antages muligt at opnå et alternativt marginalt realt velfærdsøkonomisk forbrugsafkast på 5 pct., og at det samtidig er muligt gennem diverse investerings- og lånearrangementer at fordele forbrugsafkastet vilkårligt over tid. Hvis denne forudsætning ikke er opfyldt, bør den alternative forbrugsstrøm specificeres konkret og efterfølgende vurderes i forhold til projektets forbrugsstrøm efter samme kriterier, som dette vurderes i forhold til andre projekter.

Blandt de projekter som lever op til afkastkravet, bør det projekt vælges, hvis nutidsværdi ved en forbrugsdiskonteringsrate på 2 pct. er størst. Denne nutidsværdi er udtryk for den skabte sum af nytte, forudsat at der forventes en velfærdsøkonomisk vækst i forbruget på 2 pct. p.a. og at elasticiteten for den marginale nytte af forbrug er én. Det valgte projekt må dog ikke resultere i en uacceptabel fordeling af nytten over tid.

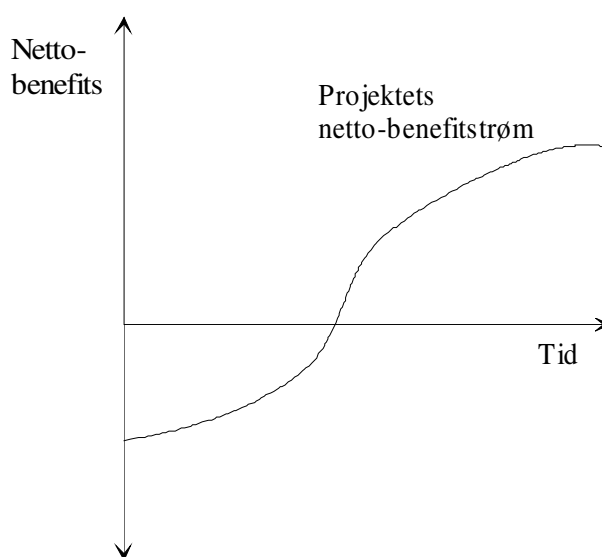
En mere konkret prioritering mellem projekterne kræver anvendelse af et egentligt kriterium for retfærdig fordeling af nytte over tid og mellem generationer. Et sådant kriterium er selvsagt også nødvendigt for på et overordnet niveau at kunne fastlægge et optimalt bæredygtigt udviklingsforløb, hvor hensynet til den skabte sum af nytte afvejes mod fordelingen heraf. Meget arbejde udestår i relation til løsningen af denne problemstilling.



Kapitel 1 Diskonteringsproblemstillingen

Et projekt, hvis konsekvenser alle er prissat ved brug af velfærdsøkonomiske beregningspriser, kan karakteriseres ved en strøm af årlige benefits og cost. Benefits er år for år opgjort som den velfærds- eller nyttemæssige værdi af projektets frembringelse af forbrugsgoder i vid forstand - dvs. markedsomsatte forbrugsgoder, sundhedsforbedringer, rekreative muligheder, æstetiske og kulturelle værdier. De årlige costs er tilsvarende opgjort som værdien af de forbrugsgoder, som mistes ved, at knappe produktionsfaktorer - arbejdskraft, real-kapital og miljø (jordarealer og vandområder) - og råstoffer gennem projektet trækkes bort fra alternativ anvendelse. Normalt omtaler man den alternative anvendelse som *udgangsforløbet* eller *nulsituationen*. Projektet repræsenterer således en ændring i forhold hertil.

Da projektets årlige netto-benefits både kan være positive og negative - typisk negative i starten af projektets levetid for senere at blive positive - kan det normalt ikke umiddelbart afgøres, om projektet vil være fordelagtigt at gennemføre. Netto-benefitstrømmen kan fx antage den i *figur 1.1* viste form.



Figur 1.1 Eksempel på typisk netto-benefitstrøm fra et projekt

Med henblik på at afgøre om projektets netto-benefitstrøm samlet set repræsenterer en forøgelse af samfundets velfærd, er det nødvendigt at sammenejde de enkelte års netto-benefits. Dette sker traditionelt ved at *diskontere* disse benefits - dvs. tildele hver enhed af det enkelte års netto-benefits en vægt, der angiver dens relative værdi i forhold til at opnå én enhed netto-benefit ved projektets starttidspunkt. Den vægtede sum af de årlige netto-benefits benævnes projektets *nutidsværdi*.

Traditionelt udføres diskonteringen ved anvendelse af følgende formel, hvor *diskonteringsraten* er den rate d , hvormed vægten for det enkelte års netto-benefits reduceres over tid.

$$W = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1 + d)^t}$$

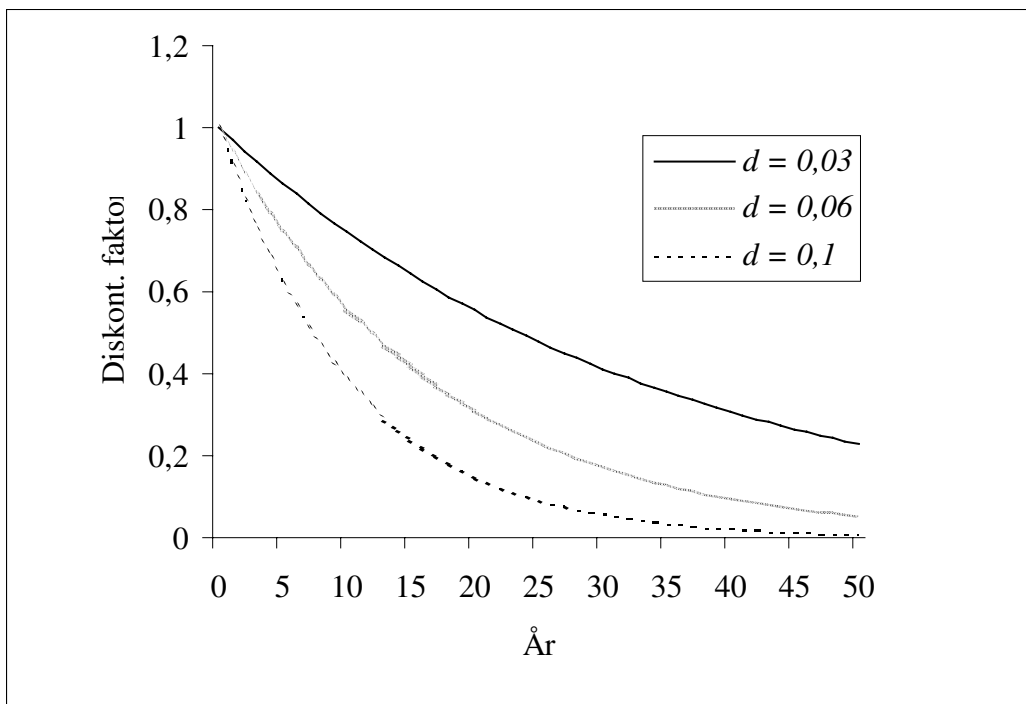
hvor W = nutidværdien af projektets netto-benefitstrøm

$B_t - C_t$ = netto-benefits i år t

d = diskonteringsraten

T = projektets tidshorizont

Idet det antages, at diskonteringsraten $d > 0$, ses det, at netto-benefits, der erhverves stadig længere ude i fremtiden i forhold til startåret $t = 0$ vil blive tillagt stadig lavere vægt ved beregningen af projektets nutidsværdi. I figur 1.2 er det vist, hvorledes diskonteringsfaktoren $(1 + d)^{-t}$ reduceres over tid ved forskellige diskonteringsrater.



Figur 1.2 Diskonteringsfaktorens udvikling over tid ved forskellige diskonteringsrater

Det ses, at diskonteringsfaktoren ved en diskonteringsrate $d = 0,03$ i løbet af 50 år falder fra 1 til godt 0,2. Ved højere diskonteringsrater på hhv. $d = 0,06$ og $d = 0,1$ reduceres diskonteringsfaktoren til 0,05 og næsten 0. For længere varende projekter kan det altså have meget stor betydning for deres velfærdsøkonomiske fordelagtighed - udtrykt ved nutidsværdien af deres netto-benefits - hvilken diskonteringsrate der vælges. Under alle omstændigheder indebærer diskonteringen, at projekter, hvis negative netto-benefits falder relativt tidligt, og hvis positive netto-benefits falder relativt sent, alt andet lige vil blive anset for mindre fordelagtige end andre, hvor det omvendte er tilfældet.

Man kan spørge, hvorfor man traditionelt i velfærdsøkonomiske analyser vælger at diskontere fremtidige netto-benefits med en positiv diskonteringsrate og ikke blot direkte benytter summen af de årlige netto-benefits som udtryk for projektets samlede fordelagtighed. Dette er der tre årsager til:

- Utålmodighed - såkaldt tidspræference
- Forventet velstandsstigning - positivt afkast på investeringer
- Hensynet til nulevende generationer - retfærdighed mellem generationer

Utålmodigheden er basalt set udtryk for, at den enkelte person foretrækker at opnå en velfærds- eller nytteforbedring i år frem for flere år ude i fremtiden. Det er derfor man taler om personers *tidspræferencer*. Det er i denne forbindelse særdeles væsentligt at skelne mellem tidspræferencer med hensyn til nytte og med hensyn til forbrug. En årsag til at personer foretrækker at få en nyttegevinst nu frem for på et fremtidigt tidspunkt kan være risikoen for i mellemtiden at dø. Dette kan forklare en såkaldt *ren tidspræference* hos personer. Én ting er imidlertid, at disse som dødelige individer har positive tidspræferencer - en anden ting er, om dette er relevant i en samfundsmæssig sammenhæng. Opfattes samfundet som et fællesskab af mere eller mindre anonyme nulevende og fremtidige personer, er det måske ikke afgørende, om velfærdsstigningen tilfalder nulevende personer eller personer, der lever om 50 år. Dette spørgsmål vil blive yderligere belyst i *kapitel 2* og *kapitel 12*.

Ud over den rene nyttetidspræference kan årsagen til, at den enkelte person har positive forbrugstidspræferencer, være, at han forventer at blive økonomisk bedre stillet i fremtiden. Han anser det derfor for en fordel at opnå en indkomst- eller forbrugsgevinst nu, hvor hans økonomiske situation måske er knapt så god, frem for om nogle år. Hans marginale nytte ved at opnå gevinsten i hans nuværende økonomiske situation er ganske enkelt større end i en fremtidig forbedret situation. Man taler om, at personens *marginale nytte af forbrug eller indkomst* er faldende. Det samme forhold kan også tænkes at gøre sig gældende på samfundsniveau. Der kan således argumenteres for at tillægge fremtidige personers forbrugsgevinster mindre velfærdsmæssig værdi end nutidiges, hvis de fremtidige personer forventes at være økonomisk bedre stillet. De vil have mindre marginal nytte af gevinsten end nutidige personer. Dette kan tale for at diskontere fremtidige forbrugs- eller indkomstgevinster, **men ikke nyttegevinster**. Det er altså væsentligt ved diskontering af et projekts netto-benefits ($B_t - C_t$) at skelne mellem, om disse er opgjort som nytteændringer eller forbrugsændringer. I det første tilfælde bør der formentlig slet ikke diskonteres, men ellers i givet fald med en samfundsmæssig nytte diskonteringsrate ρ . I det andet tilfælde bør der diskonteres med en forbrugsdiskonteringsrate i . Denne argumentation tages op i *kapitel 3*.

Traditionelt opfattes et projekt som en investeringsaktivitet, der ved at lægge beslag på knappe produktionsfaktorer i opbygningsfasen reducerer den nutidige velfærd eller alternative nutidige investeringsaktiviteter. Til gengæld skaber projektet - for overhovedet at være relevant - øget velfærd eller netto-benefits i fremtiden. Dette kan udtrykkes ved en årlig forbrugsafkastrate q_p af projektets investering I_0 . Denne rate bestemmes som angivet i følgende formel.

$$-I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1 + q_p)^t} = 0$$

hvor costs C_t nu opgøres eksklusiv den velfærdsmæssige værdi af investeringen I_0 .

Som omtalt kan man imidlertid i stedet for at gennemføre projektet igangsætte alternative investeringsaktiviteter af et tilsvarende omfang I_0 . Disse alternative aktiviteter ville også give anledning til en netto-benefitstrøm, som kan udtrykkes ved forbrugsafkastraten q . Projektets netto-benefitstrøm bør derfor kun foretrakkes for alternativets, hvis $q_p > q$. Dette kan direkte undersøges ved at diskontere projektets årlige netto-benefits med q . Altså hvis $q_p > q$, så gælder det

$$-I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1 + q)^t} > 0$$

Projektets nutidsværdi opgjort med den marginale alternative forbrugsafkastrate q som diskonteringsrate bliver positivt, og det bør derfor gennemføres.

Den alternative marginale afkastrate vil i en lille åben økonomi, hvor alle internationale lånemuligheder udnyttes, tendere til at svare til den internationale lånerente r . Så længe indenlandske investeringsprojekter giver et forbrugsafkast, som er større end denne rente, kan det betale sig at gennemføre dem. Der vil blive et overskud tilbage efter afdrag og forrentning af lånet. I en lille åben økonomi kan der altså argumenteres for at benytte den internationale rente r som diskonteringsrate.

Ved at diskontere med den alternative forbrugsafkastrate, kan man tilsyneladende se bort fra tidspræference-spørgsmålet. Problemet er imidlertid, at tidsprofilerne for forskellige projekters netto-benefitstrømme ikke nødvendigvis er ens. Selvom de giver anledning til samme afkast, vil den ene strøm måske alligevel blive foretrukket for den anden, fordi dens tidsprofil er i bedre overensstemmelse med tidspræferencerne end den anden. Argumenterne for og imod at anvende den alternative afkastrate som diskonteringsrate behandles i *kapitel 4 - 6*.

Den ideale løsning på den intertemporale vurderingsproblemstilling vurderes i denne rapport at være: 1) Først at bestemme den forbrugsstrøm, som projekterne direkte og indirekte giver anledning til. 2) Dernæst vurderes om projekterne lever op til det alternative forbrugsafkastkrav på q eller r . Kun de projekter, som opfylder dette afkastkrav er acceptable. 3) Herefter vurderes de acceptable projekters relative velfærdsøko-

nomiske værdi ved at diskontere deres forbrugsstrømme med en samfundsmæssig forbrugsdiskonteringsrate i . 4) Endelig suppleres denne vurdering med en vurdering af, om det foretrukne projekts fordeling af nytteændringen over tid er acceptabel i fordelingsmæssig henseende.

Vurderingen af projekters velfærdsøkonomiske fordelagtighed skal altså baseres på en vurdering af netto-benefitstrømmes relative fordelagtighed - det betragtede projekters strømme og den alternative afkastmulighed. Dette betyder, at diskonteringsproblemstillingen med fordel kan opdeles i to delproblemstillinger:

- Vurdering af projekterne i forhold til det alternative afkastkrav
- Sammenligning af projekternes netto-benefits, der erhverves i forskellige perioder

Bestemmelsen af det alternative afkastkrav er helt central, fordi de betragtede projekter for at være fordelagtige skal afkaste en netto-benefitstrøm, der velfærds-mæssigt set skal være bedre end den, der er knyttet til den alternative anvendelse af ressourcerne.

Denne to-delning af diskonteringsproblemstillingen genfindes i den nyere teoretiske litteratur, hvor der skelnes lidt skarpt mellem en *præskriptiv* og en *deskriptiv* tilgang til diskonteringsproblemstillingen - jf. Arrow et al. (1996). Denne skelnen må dog anses for problematisk. Den præskriptive fastsættelse af diskonteringsraten og den deskriptive bestemmelse af den alternative afkastrate er begge vigtige led i projektvurderingen over tid.

En måde at forene de to hensyn på er at diskontere ved brug af den såkaldte *forrentningsfaktor på kapital* (*skyggepris på kapital*) f_K . Denne udtrykker nutidsværdien af de alternative afkastmuligheder og beregnes derfor ud fra den alternative forbrugsafkastrate q og forbrugsdiskonteringsraten i . Beregningen af forrentningsfaktoren omtales i *kapitel 6*. Selve nutidsværdiberegningen med denne diskonteringsmetode sker ved at multiplicere projektets investeringsudgift med forrentningsfaktoren f_K . Herved beregnes nutidsværdien af de afkast, som en alternativ anvendelse af investeringssummen kunne have afkastet. Hertil lægges nutidsværdien af projektets øvrige netto-benefits beregnet ved brug af forbrugsdiskonteringsraten i . Altså

$$W = -I_0 \cdot f_K + \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

Anvendelsen af de forskellige diskonteringsmetoder og -rater fører i sagens natur ikke til samme resultat. For at illustrere dette er der i *kapitel 8* opstillet en række regneeksempler, hvor nutidsværdien af et givet projekt beregnes ved brug af forskellige metoder og rater.

Denne korte introduktion til diskonteringproblemstillingen viser, at det er vigtigt at skelne mellem følgende potentielle diskonteringsrater:

- Nyttediskonteringsraten ρ
- Forbrugsdiskonteringsraten i
- Den alternative forbrugsafkastrate q
- Den internationale rente r

I *kapitel 9* præsenteres en række tidsserier for forskellige renter og afkast, som i større eller mindre udstrækning kan anvendes som indikatorer på de omtalte diskonteringsrater. Det er et problem i en velfærdsøkonomisk sammenhæng, at der ikke foreligger velegnede indikatorer for det velfærdsøkonomiske afkast på samfundets investeringer.

Ud over de generelle spørgsmål om valget af diskonteringsmetode og diskonteringsrate omfatter diskonteringsproblemstillingen nogle mere specielle spørgsmål: Hvorledes sammenligner man projekter, hvis tidshorisont er forskellig? Hvordan bestemmer man det optimale start- og ophørstidspunkt for et projekt? Kan man diskontere ikke-prissatte konsekvenser - herunder miljøkonsekvenser direkte? Med hensyn til det første spørgsmål, der behandles i *kapitel 7*, bør man med henblik på sammenligning som udgangspunkt altid vurdere projekter over den samme tidshorisont - typisk den mindste fælles tidshorisont eller en tidshorisont, hvor alle betydelige konsekvenser bliver omfattet af vurderingen. En alternativ fremgangsmåde repræsenteres af

den såkaldte *annuisering*, hvor projekternes nutidsværdier beregnet for hver deres respektive tidshorisont omregnes til årlige netto-benefits, der direkte kan sammenlignes.

I forlængelse af diskussionen om valget af fælles tidshorisont for projekter, der ønskes sammelignet, kan man også undersøge, hvornår et projekt bør igangsættes og afsluttes, og dermed også hvad den optimale levetid for projektet er. Spørgsmålet om start- og sluttidspunkt er selvsagt kun relevant, hvis projektets nutidsværdi afhænger heraf. Dette vil den for starttidspunktets vedkommende altid gøre, hvis projektet skal afløse et allerede eksisterende projekt. Håndteringen af sådanne projekter i forbindelse med vurderingen af nye projekter, udgør derfor et selvstændigt problem. Levetidsspørgsmålet er altid relevant. Det overordnede svar på disse spørgsmål findes ved at maksimere det enkelte projekts nutidsværdi, og i *kapitel 10* vises det, hvorledes denne overordnede beslutningsregel kan omsættes i mere specifikke regler.

I den hidtidige redegørelse for diskonteringsproblemstillingen er det forudsat, at projektets netto-benefits er udtrykt i nytteværdier eller forbrugsværdier - dvs. det er forudsat, at projektets konsekvenser, herunder miljøkonsekvenserne er prissat. Det er imidlertid ikke altid muligt at gennemføre en sådan prissætning på fagligt forsvarlig vis - dette gælder især projektets ikke-markedsomsatte konsekvenser - og spørgsmålet er derfor, om de ikke-prissatte konsekvenser kan diskonteres direkte. Problemstillingen opstår fx i forbindelse med cost effectiveness analyser på miljøområdet, hvor man ønsker at sammenligne forskellige foranstaltningers omkostningseffektivitet med hensyn til at reducere en given form for miljøbelastning. Hvis foranstaltningerne har forskellige tidsmæssige reduktionsprofiler, er det nødvendigt at diskontere de mængdemæssige reduktioner. Dette er imidlertid kun korrekt at gøre, såfremt den relative pris på reduktionernes endelige konsekvenser for levevilkårene er konstant over tid - jf. i øvrigt *kapitel 11*.

Under omtalen af nyttetidspræferencerne tidligere i kapitlet blev der rejst tvivl om, hvorvidt det er rimeligt at diskontere samfundsmæssige nytteændringer. Denne problemstilling uddybes i *kapitel 12*, hvor der fremføres en række argumenter mod diskontering af nytteændringer. Selvom disse argumenter accepteres, vil det dog fortsat i en række tilfælde være relevant i forbindelse med projektvurderingen både at tage hensyn til de alternative afkastmuligheder og at diskontere forbrugsændringer - dog ikke de i tilfælde, hvor der er tale om projekter, hvor nogle af konsekvenserne ikke kan substitueres med andre velfærdsgoder.

For bedre at afspejle personers faktiske tidspræferencer er det blevet forslået at anvende delvis diskontering af nytteændringerne eller såkaldt *hyperbolsk diskontering*. Denne diskonteringsform, der omtales i *kapitel 13* er karakteriseret ved, at nyttediskonteringsraten er faldende over tid. Hvorvidt denne diskonteringsmetode er rimelig set i et samfundsmæssigt intergenerationelt perspektiv er dog diskutabelt - jf. *kapitel 2* og *12*.

Hvis man udelukkende diskonterer forbrugsændringer med forbrugsdiskonteringsraten $i > 0$ og undlader at diskontere nytteændringer, dvs. nyttediskonteringsraten $\rho = 0$, baseres projektvurderingen udelukkende på summen af den skabte nytte - givet at det alternative forbrugsafkastkrav q er opfyldt. Dette kan imidlertid føre til en urimelig fordeling af nytten mellem generationer. Med gode nytteafkastmuligheder på langt sigt kan man risikere, at den samlede sum af nytte over tid kan forøges betragteligt, ved at nulevende personer afgiver meget af deres nytte for at fremtidige personer kan blive endnu bedre stillet. Omvendt risikerer man med gode nytteafkastmuligheder på kort sigt, at der ikke bliver taget tilstrækkeligt hensyn til fremtidige nytteændringer. Løsningen af fordelingsproblemet mellem generationer kræver reelt udviklingen af et egentligt retfærdighedskriterium for fordelingen af nytte over tid. Det har hidtil vist sig, at være meget vanskeligt at opstille et sådant kriterium, der lever op til række rimelige etiske krav hertil - se fx Arrhenius (2000). Diskussionen af den intergenerationale retfærdighedsproblemstilling falder dog uden for denne rapports rammer.

Kapitel 2 Tidspæferencerne - nyttediskonteringsraten

Den velfærdøkonomiske projektvurdering (Cost Benefit Analysen) har som sit fundamentale vurderingsgrundlag en *nytteetisk baseret velfærdsfunktion*. Denne kan formuleres på følgende måde:

$$W = \sum_{i=1}^n a_i \cdot \sum_{t=0}^T \frac{u_t^i(c_t^i)}{(1 + \rho_i)^t}$$

hvor W = samfundets velfærd

$u_t^i(c_t^i)$ = person i 's nytte i år t af hans forbrug c_t^i i år t

ρ_i = person i 's nyttediskonteringsrate

a_i = den vægt nutidværdien af person i 's nytte tillægges fra samfundets side

T = tidshorisonten

Samfundets samlede velfærd W opgøres som en vejet sum af nutidsværdien af de enkelte personer i 's nytter $u_t^i(c_t^i)$ i de enkelte år t over den anlagte tidshorisont T . Anvendelsen af fordelingsvægtene a_i udtrykker, at der ved opgørelsen af samfundets velfærd bl.a. kan tages særligt hensyn til svagt stillede nytte - fx handicappede eller ældres. Vægtene kan også i et intertemporalt perspektiv benyttes til at skelne mellem eksisterende personers og ikke fødte personers nytter. Om dette er rimeligt, skal ikke diskuteres på dette sted. I det følgende ses der derfor bort fra fordelingsvægtene a_i . Den enkelte person i 's nytte $u_t^i(c_t^i)$ i år t er en funktion af hans forbrug c_t^i det pågældende år. Nutidsværdien af disse nytter beregnes ved diskontering med nyttediskonteringsraten ρ_i . Det er fastsættelsen af denne rate, der er emnet for dette kapitel.

For at koncentrere fremstillingen om de centrale spørgsmål i diskonteringsproblemstillingen antages i det følgende, at alle personer har samme nyttediskonteringsrate ρ . Herved kan personernes nytter summeres år for år til $U_t(c_t)$ inden diskonteringen gennemføres. Samfundets samlede velfærd kan herefter beregnes som:

$$W = \sum_{t=0}^T \frac{U_t(c_t)}{(1 + \rho)^t}$$

Opgørelsen af det enkelte års samlede nytte $U_t(c_t)$ sker som omtalt ud fra de enkelte personers nytte. Personerne omfatter imidlertid, næsten uanset hvilken tidshorisont der anlægges, både nulevende og fremtidige personer. Det er i sagens natur umuligt at opnå kendskab til de fremtidige personers nytte; men dette gælder ikke i samme udstrækning deres forbrug. Derfor vælger man i praksis normalt at opgøre nytten af fremtidige personers forbrug på grundlag af nulevende personers nyttefunktioner. Det er det, der sker, gennem cost benefit analysens beregningspriser, som udtrykker de nulevende personers relative marginale nytter af hver periodes forbrugsændringer. Spørgsmålet er herefter, om man på tilsvarende måde kan basere vurderingen af nytten til forskellige tider på nulevende personers tidspæferencer.

Besvarelsen af dette spørgsmål giver anledning til to delproblemstillinger:

- Der kan være forskel på personers individuelle og kollektive valg over tid - det såkaldte *isolationsparadoks*
- Ligesom ved intratemporale valg skal der ved valg over tid både tages efficiens- og fordelingshensyn - begge hensyn kan formentlig ikke tilgodeses udelukkende ved valg af "den rette" nyttediskonteringsrate

Disse to problemstillinger vil blive behandlet i det følgende.

2.1 Isolationsparadokset

Det er en empirisk kendsgerning, at personer har tidspræferencer, som indebærer, at de tillægger det en større vægt at opnå en given positiv nytte i dag frem for en gang i fremtiden. Dette hænger naturligvis sammen med, at personer som dødelige væsener anlægger en endelig tidshorisont på deres mulighed for at opnå nytteoplevelsen. I takt med at chancen for at være levende til den tid, hvor den pågældende nytteoplevelse bliver mulig, falder, anser de chancen for at opnå denne for at blive stadig mindre. Derfor tillægger de den også mindre nutidsværdi.

Det har meget længe været diskuteret, om sådanne helt personlige tidspræferencer er relevante i en samfundsmæssig sammenhæng - jf. henvisningerne i Sen (1982). Sen (1982) opregner således tre hovedargumenter for at se bort fra individuelle nyttetidspræferencer i en samfundsmæssige sammenhæng og i stedet diskontere med en særlig samfundsmæssig nyttediskonteringsrate:

- *Ansvarlighedsargumentet*: Den nulevende generation har et særligt ansvar over for fremtidige generationer, som ligger ud over det hensyn, personer af sig selv viser over for disse generationer.
- *Dobbeltrolleargumentet*: Personer ønsker som samfundsindivider at vise større hensyn over for fremtidige generationer, end de udviser i deres daglige markedsadfærd som privatpersoner.
- *Isolationsargumentet*: Som isolerede individer ønsker nulevende personer ikke at vise større hensyn over for fremtidige generationer, end de faktisk gør; men kunne de indgå en fælles kontrakt om at vise større hensyn, var de villige hertil.

Ansvarlighedsargumentet vil blive berørt i afsnit 2.2, og dobbeltrolleargumentet kan opfattes som en generel formulering af det specifikke isolationsargument. Derfor koncentrerer fremstillingen i det følgende om dette. Fremstillingen bygger på Sen (1982) der sammenfatter den relativt omfattende faglige debat, som Sen's oprindelige artikel Sen (1967) gav anledning til.

Det såkaldte *isolationsparadoks* kan sammenfattes på følgende måde:

Hvis

- I = den vægt en person tillægger sin egen nytte,
- β = den vægt personen tillægger andre nulevende personers nytte
- γ = den vægt personen tillægger sine direkte efterkommeres nytte
- α = den vægt personen tillægger andre fremtidige personers nytte
- ρ_p = personens egen private tidspræference mellem én enhed egen nutidig nytte og én enhed nytte for fremtidige personer
- ρ_s = personens egen private tidspræference mellem én enhed kollektiv nutidig nytte og én enhed nytte for fremtidige personer
- λ = den andel af fremtidig nytte, som tilfalder personens egne efterkommere

da kan en persons egen private tidspræference mellem én enhed egen nutidig nytte og én enhed nytte for fremtidige personer ρ_p udtrykkes ved følgende formel. For at tydeliggøre argumentet regnes der kun med to perioder - nutiden og fremtiden.

$$\frac{\text{individueel værdi af egen nutidig nytte}}{\text{individueel værdi af kollektiv fremtidig nytte}} = I + \rho_p = \frac{I}{\lambda \cdot \gamma + (1 - \lambda) \cdot \alpha} \Rightarrow \rho_p = \frac{I}{\lambda \cdot \gamma + (1 - \lambda) \cdot \alpha} - I$$

Idet det må antages, at i hvert fald den vægt andre fremtidige personers nytte tillægges er mindre end én, $\alpha < I$, ses det at $\rho_p > 0$. Den nulevende person har en positiv tidspræference for nutidig nytte. For at en nutidig person vil give afkald på én enhed heraf, skal fremtidige personers nytte herved mindst kunne forøges til $(I + \rho_p)$.

Hvis de nutidige personer i stedet for at tage beslutninger uafhængigt af hinanden kunne foretage kollektive valg, havde de mulighed for i fællesskab at afgive hver én enhed nytte. Med n personer i samfundet ville de i alt afgive n enheder nytte. For hver enkelt nutidig person, der afgiver én enhed nytte, i sikker forvisning om, at alle andre også gør det, kan forholdet mellem værdien af nutidig og fremtidig kollektiv nytte $(I + \rho_s)$ her-

efter beregnes som vist i følgende formel. Forudsætningerne om vægtene på nutidige og fremtidige personers nytte er de samme som ved det individuelle valg.

$$\frac{\text{individuel værdi af kollektiv nutidig nytte}}{\text{individuel værdi af kollektiv fremtidig nytte}} = 1 + \rho_s = \frac{1 + (n-1) \cdot \beta}{\gamma + (n-1) \cdot \alpha} \Rightarrow \rho_s = \frac{1 + (n-1) \cdot \beta}{\gamma + (n-1) \cdot \alpha} - 1$$

Det antages, at der også i fremtiden vil være n personer. Den fremtidige nytte fordeles ligeligt mellem disse personer, således at hver nutidig persons efterkommer modtager andelen 1 og de øvrige andelen $(n-1)$.

Alle nutidige personer kan således siges at have hhv. en privat og en samfundsmæssig nytteafgiftingsrate. Spørgsmålet er herefter, om der kan siges noget mere præcist om forholdet mellem disse to rater ρ_p og ρ_s .

Hvis $\lambda = 1$, dvs. den fremtidige nytte af den enkelte persons individuelle nytteafgivelse fuldt ud tilfalder hans direkte efterkommere, og $1/\gamma = \beta/\alpha$, dvs. at forholdet mellem værdien af den nutidige persons egen nytte og hans direkte efterkommeres er det samme som forholdet mellem værdien af andre nutidige personers og andre fremtidige personers nytte, ses det at

$$\rho_p = \frac{1}{\lambda \cdot \gamma + (1-\lambda) \cdot \alpha} - 1 = \frac{1}{\gamma} - 1 \quad \text{og} \quad \rho_s = \frac{1 + (n-1) \cdot \beta}{\gamma + (n-1) \cdot \alpha} - 1 = \frac{1 + (n-1) \cdot \frac{\alpha}{\gamma}}{\gamma \cdot (1 + (n-1) \cdot \frac{\alpha}{\gamma})} - 1 = \frac{1}{\gamma} - 1$$

altså at $\rho_p = \rho_s$ - dvs. den samfundsmæssige nytteafgiftingsrate er lig med den private. Der er selvfølgelig også en række andre parameterkombinationer, som fører til dette resultat - fx hvis den nutidige person overhovedet ikke tillægger andre end sine efterkommeres nytte værdi $\alpha = \beta = 0$ og $\lambda = 1$.

Hvis imidlertid ikke al den fremtidige nytte af den nutidige persons nytteafgivelse tilfalder hans egne direkte efterkommere, dvs. $\lambda < 1$ og samtidig fortsat $1/\gamma = \beta/\alpha$, da vil den samfundsmæssige nytteafgiftingsrate være mindre end den private $\rho_s < \rho_p$, forudsat at $\gamma > \alpha$. Den sidste betingelse forekommer rimelig, da den enkelte nutidige person må antages at tillægge sine egne efterkommeres nytte større vægt end andre fremtidige personers.

Et tilsvarende resultat nås for alle værdier af λ , hvis $1/\gamma > \beta/\alpha \Rightarrow \alpha/\gamma > \beta$. Dette er fx tilfældet, hvis $\alpha = \beta$ og $\gamma < 1$, dvs. den nutidige person tillægger alle andre personers nytte - nutidige og fremtidige - end sine egen efterkommeres samme værdi og sine egne efterkommeres nytte mindre værdi end sin egen. Hvis dette er tilfældet reduceres nemlig størrelsen af ρ_s , mens ρ_p vil blive stadig større ved faldende værdier af λ .

For at $\rho_p < \rho_s$ kræves det givet $\gamma > \alpha$, at λ er så stor som mulig, og at $1/\gamma < \beta/\alpha \Rightarrow \alpha/\gamma < \beta$. Dette er tilfældet, hvis den nutidige person er indifferent mellem sin egen nytte og sine egne efterkommeres, dvs. $\gamma = 1$, og den nutidige person samtidig tillægger nytten for andre nutidige personer større vægt end andre fremtidige personers nytte $\beta > \alpha$.

Selvom den sidstnævnte situation ikke helt kan afvises, forekommer det dog mest realistisk, at den samfundsmæssige nytteafgiftingsrate normalt er mindre end den private $\rho_s < \rho_p$. Dette skyldes ikke mindst, at λ normalt er mindre end én, og at γ - den vægt personen tillægger sine direkte efterkommeres nytte - normalt må antages at være en del større end α - den vægt personen tillægger andre fremtidige personers nytte. I så fald stilles der relativt stor krav til forholdet mellem β og α for at den private nytteafgiftingsrate kan blive mindre end den samfundsmæssige.

Isolationsparadokset viser under alle omstændigheder, at den individuelle og den samfundsmæssige nytteafgiftingsrate næppe kan forventes at være ens. Spørgsmålet bliver herefter, hvilken af de to rater, der er mest relevant i relation til velfærdsøkonomiske vurderinger. Fraværet af samfundsmekanismer, som gør det muligt at opfange nyttegevinsterne ved at handle i fællesskab, taler på den ene side for at benytte den individuelle nytteafgiftingsrate. På den anden side er hensigten med velfærdsøkonomiske vurderinger at afdekke projekter, som ved at blive gennemført efter fælles beslutning forøger samfundets kollektive nytte.

Dette taler for at benytte den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate i forbindelse med disse vurderinger. Denne rate er, som isolationsparadokset viser, udtryk for de eksisterende personers "sande" kollektive nyttespræference. Uanset om de fornødne mekanismer til at handle i overensstemmelse hermed eksisterer, forekommer det derfor mest rimeligt at basere den velfærdsøkonomiske vurdering på den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate.

2.2 Efficiens- og fordelingshensynet

Det kan imidlertid diskuteres, om den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate overhovedet bør være positiv. Således som isolationsparadokset er stillet op, tages der udgangspunkt i individuelle personers vægtning af andre nutidige og fremtidige personers nytter. Disse vægte - dvs. vægten for andre nulevende personers nytte β , for de direkte efterkommeres nytte γ , og for andre fremtidige personers nytte α - antages normalt alle at være mindre end én. Disse vægte respekteres som udgangspunkt for såvel individuelle som kollektive valg. Det er spørgsmålet, om dette er etisk rimeligt? Bør det ikke fra et samfundsmæssigt synspunkt være lige godt, om det er en nulevende person eller en fremtidig person, der opnår en given nytteændring?

Det rejste spørgsmål afspejler en særdeles vigtig skelnen mellem individuelle tidspræferencer, som må anses for at være en empirisk kendsgerning, og samfundsmæssige tidspræferencer, som måske snarere må opfattes som et normativt etisk princip. Denne skelnen tages der ikke tilstrækkeligt højde for i isolationsparadoksets formulering af den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate, idet denne udelukkende bygger på individuelle tidspræferencer under antagelse om fælles handling. Fra et normativt etisk synspunkt bør de enkelte personers vægtning af andre nutidige og fremtidige personers nytter måske slet ikke respekteres. Måske bør alle vægterne i stedet sættes lig med én, svarende til at alle personers - såvel nulevendes som fremtidiges - nytte anses for lige betydningsfuld i velfærdsmæssig henseende. Hermed bliver den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate lig med nul. Der kan fremføres en række argumenter for dette synspunkt, som bliver udførligt behandlet i *kapitel 12*.

Det anførte lighedshensyn kan imidlertid komme i konflikt med det samfundsmæssige efficienshensyn, som indebærer, at anvendelsen af samfundets knappe produktionsfaktorer og råstoffer sammensættes på en sådan måde, at summen af nytte maksimeres. Hvis fx den fremtidige nytte ved at afgive nutidig nytte kan forøges med mere, end der mistes, vil der være tale om en efficiensgevinst. Udnyttelsen af sådanne muligheder for efficiensgevinster kan imidlertid føre til urimelige omfordelinger af nytte fra nutidige til fremtidige generationer, hvis den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate er nul. Så længe de nutidige personers nytte ved at omallokere produktionsfaktorer og råstoffer fra produktionen af forbrugsgoder til investeringer kan opvejes af fremtidige forbrugs- og dermed nyttegevinster, bør nulevende personer reducere deres forbrug. Dette vil være tilfældet, så længe investeringernes nyttemæssige afkast er positivt.

Bemærk at dette krav ikke må forveksles med et krav om, at investeringernes forbrugsmæssige afkast blot skal være positivt. Når personers forbrug gradvist reduceres, stiger deres marginale nytte af forbrug - omvendt falder den marginale nytte af forbrug ved gradvise forbrugsstigninger. Stadige reduktioner af nutidige personers forbrug kræver altså stadig større forbrugsmæssige afkast for fremtidige personer for i nyttemæssig henseende at være fordelagtige. Et positivt forbrugsmæssigt afkast kan altså udmærket svare til et negativt nyttemæssigt afkast - jf. *kapitel 3*.

En nyttemæssig efficient allokering af samfundets ressourcer på nutidig og fremtidig nytte kan altså ved en nyttediskonteringsrate på nul indebære en urimelig omfordeling af nytte fra nutidige personer til fremtidige. Dette kan selvsagt i nogen grad modvirkes ved at anvende en positiv samfundsmæssig nyttediskonteringsrate. Problemet bliver imidlertid i dette tilfælde, at en efficient allokering af ressourcerne risikerer at resultere i en urimelig omfordeling af nytte fra fremtidige personer til nutidige.

Det må altså konkluderes, at uanset om nyttediskonteringsraten er nul eller positiv, kan det give anledning til konflikt mellem efficiens- og fordelingshensynet:

- En nyttediskonteringsrate på nul kan give anledning til en urimelig omfordeling fra nutidige til fremtidige personer.
- En positiv nyttediskonteringsrate kan give anledning til en urimelig omfordeling fra fremtidige til nutidige personer.

Konflikten kan kun løses ved at opstille egentlige kriterier for en retfærdig fordeling af nytten over tid. Gennem et sådant retfærdighedsprincip opstilles de grænser, inden for hvilke efficienshensynet skal tilgodeses.

Konflikten mellem efficiens- og fordelingshensynet tilføjes et yderligere element, hvis man også inddrager muligheden for at antallet af personer i fremtiden kan varieres i forhold til antallet af nulevende personer. I så fald er det muligt, at forøge summen af fremtidig nytte alene ved at sætte flere personer i verden. Da samfundets ressourcer omfattende produktionsfaktorer og råstoffer til enhver tid er knappe, kan en voksende befolkning medføre, at det bliver vanskeligt at opretholde samme nytteniveau, som den nuværende befolkning har. Selvom den fremtidige sum af nytte er steget, kan gennemsnittet være faldet. Hvis udelukkende efficienshensynet følges, og man alene bestræber sig på at maksimere summen af nytte, kan dette i sidste ende føre til den såkaldte ”frastødende konklusion”, at et samfund, hvor et stort antal personer lever på et uhyggeligt lavt nytteniveau, fremstår som bedre et samfund med færre personer, der lever på et acceptabelt nytteniveau - jf. Parfit (1984).

Retfærdighedsprincippet for fordelingen af nytte mellem nutidige og fremtidige personer skal altså også kunne anvendes i en situation med varierende befolkningsstørrelse. Udformningen af et sådant princip for fordeling mellem generationer diskuteres inden for populationsetikken - se fx Laslett & Fishkin (eds.) (1992) og Ryberg (1996) - og skal ikke behandles yderligere i denne rapport.

2.3 Sammenfatning

Der er i dette kapitel med udgangspunkt i det såkaldte isolationsparadoks argumenteret for, at personers kollektive nyttediskonteringsrate ρ_s normalt vil være mindre end deres individuelle nyttediskonteringsrate ρ_p . Det er imidlertid tvivlsomt, om personers nyttetidspræferencer overhovedet er et rimeligt grundlag for velfærdsøkonomisk vurdering over tid. Dette spørgsmål diskuteres udførligt i *kapitel 12*.

En positiv samfundsmæssig nyttediskonteringsrate kan give anledning til en fordelingsmæssig konflikt mellem nutidig og fremtidig nytte, idet fremtidig nytte herved tillægges mindre værdi end nutidig. En sådan konflikt kan imidlertid også opstå, hvis nyttediskonteringsraten sættes til nul. Hvis investeringer giver et positivt nytteafkast, kan hensynet til en efficient allokering af samfundets ressourcer i dette tilfælde føre til, at nutidige personer påføres betydelige nytteforbrug, for at fremtidige personer kan opnå endnu større nyttegevinster. Løsningen af denne intergenerationelle fordelingskonflikt kræver anvendelsen af et egentligt intergenerationelt kriterium for retfærdig fordeling af nytte over tid.

Kapitel 3 Fremtidige velstandsforbedringer - forbrugsdiskonteringsraten

3.1 En formel for forbrugsdiskonteringsraten

Værdien af benefits og costs i den velfærdsøkonomiske analyse opgøres periode for periode i beregningspriser, der afspejler de relative marginale nytter af de forbrugsgoder, som hhv. mistes og opnås gennem det analyserede projekt. De relative beregningspriser på forbrugsgoderne svarer til disse goders relative køberpriser for markedsomsatte goder og relative marginale betalingsvilligheder for ikke-markedsomsatte goder. Hver persons netto-benefits opgøres altså som værdien af det forbrug, den pågældende opnår. Værdien af forbrugsændringen kan også udtrykkes som en indkomstændring. Ved efterfølgende at multiplicere værdien den enkelte persons forbrugsændring med vedkommendes marginale nytte af indkomst opnås en indikator for den opnåede nytteændring. Denne kan yderligere vægtes med personspecifikke nyttevægte, inden alle personers nytteændringer summeres til et samlet mål for den velfærdsændring i samfundet. Velfærdsændringen i hver periode kan endelig sammenvejes ved diskontering med en nyttediskonteringsrate til et udtryk for nutidsværdien af velfærdsændringen - jf. *kapitel 2*.

Dette korte sammendrag af den velfærdsøkonomiske analyses nytteetiske grundlag kan udtrykkes på følgende måde:

$$W = \int_{t=0}^T \left(\sum_{i=1}^n a_i \cdot u_t^i(c_t^i) \right) \cdot e^{-\rho \cdot t} \cdot dt$$

$$\Rightarrow dW = \int_{t=0}^T \left(\sum_{i=1}^n a_i \cdot \lambda_i \cdot \frac{\partial u_t^i(c_t^i)}{\partial c_t^i} \cdot dc_t^i \right) \cdot e^{-\rho \cdot t} \cdot dt = \int_{t=0}^T \left(\sum_{i=1}^n a_i \cdot \lambda_i \cdot p \cdot dc_t^i \right) \cdot e^{-\rho \cdot t} \cdot dt$$

hvor W = samfundets velfærd

$u_t^i(c_t^i)$ = person i 's nytte i år t af hans forbrug c_t^i i år t

ρ = den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate

a_i = den vægt person i 's nytte tillægges fra samfundets side

λ_i = person i 's marginale nytte af forbrug eller indkomst

p = beregningspriser

T = tidshorisonten

Person i 's marginale nytte af forbrug eller indkomst λ_i svarer til den Lagrange multiplikator, som indføres i forbindelse med maksimeringen af den enkelte persons nytte under hensyntagen til den for personen gældende indkomstrektion. Nutidsværdiberegningen er endvidere i den angivne formel formuleret under antagelse af kontinuert tid. Der er gjort rede for sammenhængen mellem diskontering ved diskret tid og kontinuert tid i *bilag II*.

Den vægtede sum af ændringen i de i personers nytter $\sum_{i=1}^n a_i \cdot \lambda_i \cdot p \cdot dc_t^i$ i periode t betegnes $U'(c_t)$ - altså som den marginale nytte af forbrug i periode t . Herefter kan velfærdsændringen opskrives som.

$$dW = \int_{t=0}^T U'(c_t) \cdot e^{-\rho \cdot t} \cdot dt$$

Den marginale nytte af forbrug $U'(c_t)$ er imidlertid ikke nødvendigvis konstant over tid. Ligesom den marginale nytte af forbrug λ_i antageligt er større for en fattig person i end for en rig, må det også antages, at den marginale nytte af forbrug i periode t $U'(c_t)$ afhænger af forbrugs- eller indkomstniveauet i den pågældende periode. Den forventede ændring i den marginale nytte af forbrug over tid benævnes *forbrugsdiskonteringsraten* i . Denne rate afhænger af den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate ρ , den forventede

procentvise stigning i forbrugs- eller indkomstniveauet $\frac{\dot{c}}{c}$ og elasticiteten for den marginale nytte af forbrug

v. Der kan udledes følgende formel for denne sammenhæng:

$$i = \frac{-\frac{dU'(c_t) \cdot e^{-\rho t}}{dt}}{U'(c_t) \cdot e^{-\rho t}} = \frac{-U''(c_t) \cdot \frac{dc_t}{dt} \cdot e^{-\rho t} - U'(c_t) \cdot (-\rho) \cdot e^{-\rho t}}{U'(c_t) \cdot e^{-\rho t}}$$

$$= \frac{-U''(c_t) \cdot c_t}{U'(c_t)} \cdot \frac{\frac{dc_t}{dt}}{c_t} + \rho = v \cdot \frac{\dot{c}}{c} + \rho$$

hvor

$$v = -\frac{\frac{dU'(c_t)}{dc_t}}{\frac{dc_t}{c_t}} = -\frac{U''(c_t) \cdot c_t}{U'(c_t)}$$

Det ses af formlen, at selvom der kan argumenteres for, at den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate ρ bør være nul - jf. *kapitel 2 og 12* - så kan der argumenteres for at diskontere forbrugsændringer. Dette vil være tilfældet, hvis der forventes en stigning i det generelle forbrugsniveau, og hvis elasticiteten for den marginale nytte af forbrug eller indkomst er positiv. Argumentet for gennem diskontering at tillægge fremtidige forbrugsændringer mindre vægt end nutidige er i så fald, at fremtidige personer forventes at være bedre stillet end nutidige personer.

Det bør i denne forbindelse erindres, at den velfærdsøkonomiske analyses forbrugsændringer omfatter forbrugsgoder i vid forstand - dvs. både markedsomsatte goder og ikke-markedsomsatte goder såsom en lang række miljøgoder. Dette indebærer, at den forventede vækst i forbruget i nationalregnskabsmæssig forstand ikke direkte kan anvendes i forbindelse med den opstillede formel. En korrekt anvendelse heraf bør baseres på den forventede vækst i forbruget i velfærdsøkonomisk forstand. Forventes fx en række miljøforhold at blive forringet i fremtiden, da vil denne vækst formentlig være mindre end den nationaløkonomiske.

Diskonteringen af forbrugsændringer forudsætter, at fremtidige personer er bedre stillet, og at de derfor har mindre marginal nytte af forbrug end nutidige personer. Det sidste er imidlertid ikke nødvendigvis tilfældet. Hvis personernes krav til levevilkårene stiger over tid - dvs. den marginale nytte af et givet forbrugsniveau er faldende - er det muligt, at den marginale nytte af forbrug forbliver uændret. I så fald er der ikke grundlag for at diskontere ændringer i fremtidigt forbrug, selvom fremtidige personer forventes at blive bedre stillet. Spørgsmålet er imidlertid, om dette ikke bryder med vor normale opfattelse af retfærdighed mellem generationer.

3.2 Den reale markedsrente efter skat

Da såvel den forventede vækst i det velfærdsøkonomiske forbrug som elasticiteten for den marginale nytte af indkomst kan være vanskelige at fastsætte i praksis, kan det overvejes at benytte den reale markedsrente efter skat som indikator på forbrugsdiskonteringsraten i . Forbrugerne kan ved at låne eller udlåne penge til denne rente omfordele deres forbrug over tid. Markedsrenten kan opfattes som en kompensation for at udskyde forbruget. Der er imidlertid to problemer ved at anvende denne rente som indikator på den velfærdsøkonomiske forbrugsdiskonteringsrate:

- Den reale markedsrente afspejler formentlig ud over forbrugernes forventninger til udviklingen i deres marginale nytte af indkomst også et individuelt utålmodighedselement, som ikke nødvendigvis er relevant i en velfærdsøkonomisk sammenhæng - jf. *kapitel 2*.
- Den reale markedsrente er alene knyttet til mulighederne for at vælge mellem nutidigt og fremtidigt forbrug af markedsomsatte forbrugsgoder.

Der kan derfor rejses tvivl, om den reale markedsrente efter skat er anvendelig som indikator for den velfærdsøkonomiske forbrugsdiskonteringsrate. Da utålmodighedselementet - dvs. den individuelle nyttediskonteringsrate - må anses for at være positiv, og den forventede vækst i det velfærdsøkonomiske forbrug næppe er større end den forventede vækst i det markedsomsatte forbrug, kan den reale markedsrente efter skat formentlig i bedste fald kun benyttes som et overkantsskøn for den velfærdsøkonomiske forbrugsdiskonteringsrate - jf. *kapitel 9*.

3.3 Unikke forbrugsgoder

Endelig kan der rejses tvivl om, hvorvidt fremtidige forbrugsændringer altid bør diskonteres, når forbrugsniveauet forventes at vokse over tid. Den marginale nytte af alle velfærdsøkonomisk relevante forbrugsgoder falder ikke nødvendigvis, fordi det generelle forbrugsniveau stiger. Man kan således tænke sig unikke forbrugsgoder - såsom et enestående grundfjeldsområde på Bornholm - hvoraf nytten ikke reduceres, blot fordi forbrugsniveauet i øvrigt stiger. Måske snarere tværtimod. Der er ikke tale om, at de unikke forbrugsgoder har uendelig høj nytteværdi - dvs. at de under ingen omstændigheder må ødelægges. Det særegne ved sådanne goder er snarere, at udbudet heraf ikke, ligesom det gælder producerede forbrugsgoder, kan ændres vilkårligt. Dette kan tale for, at goderne har samme nytteværdi for nutidige og fremtidige personer, uanset hvor godt stillet de i øvrigt er. Det bliver i så fald vanskeligere at fastholde argumentet om at diskontere den velfærdsøkonomiske forbrugsværdi af goderne med forbrugsdiskonteringsraten.

Når unikke forbrugsgoders nytteværdi forbliver uændret, mens andre producerede forbrugsgoders marginale nytteværdi falder, er det imidlertid udtryk for at den relative forbrugsværdi af de unikke goder stiger. Dette kan indarbejdes i den velfærdsøkonomiske analyse ved at lade beregningsprisen på de pågældende goder stige med produktet af den forventede forbrugsvækst og elasticiteten på den marginale nytte af indkomst. Indarbejdes denne korrektion i den velfærdsøkonomiske analyse, kan værdien af forbrugsændringerne herefter umiddelbart diskonteres med forbrugsdiskonteringsraten. Alternativt kan man fastholde de unikke godes beregningspris og undlade at diskontere værdien af disse goder.

3.4 Sammenfatning

Hvis forbruget i velfærdsøkonomisk forstand forventes at vokse over tid, kan der argumenteres for at diskontere værdien af fremtidige forbrugsændringer med en forbrugsdiskonteringsrate. Denne rate kan beregnes som produktet af den forventede vækstrate i forbruget og elasticiteten for den marginale nytte af indkomst. Den beregnede nutidsværdi er udtryk for summen af de med forbrugsændringerne skabte nytteændringer. Forhøjes den beregnede forbrugsdiskonteringsrate med den samundsmæssige nyttediskonteringsrate, sker der også en diskontering af nytteændringerne. Dette kan der dog som omtalt argumenteres imod - jf. *kapitel 2*.

I visse tilfælde bør man dog være varsom med at diskontere værdien af forbrugsændringer. Den marginale nytte af unikke forbrugsgoder reduceres ikke nødvendigvis, fordi forbrugsniveauet generelt stiger. Inden den generelle diskontering gennemføres, bør beregningsprisværdien af sådanne goder derfor årligt opskrives med forbrugsdiskonteringsraten - alternativt kan man helt undlade diskontering af de unikke forbrugsværdier.

Kapitel 4 Alternativafkastet - den alternative afkastrate

I indledningen blev det omtalt, at diskonteringsproblemet udspringer af ønsket om at sammenligne to netto-benefitstrømme. Ved at anvende investeringsressourcer på et projekt mistes alternative afkastmuligheder, som kan udtrykkes i form af en alternativ netto-benefitstrøm. Denne er bestemt af den såkaldte *alternative marginale afkastrate* q . I stedet for at diskontere projektets og den alternative netto-benefitstrøm hver for sig og herefter sammenligne de to strømmes nutidsværdi, kan der argumenteres for direkte at benytte den alternative afkastrate som diskonteringsrate. I det følgende omtales argumenterne for og imod at benytte denne diskonteringsmetode. Kapitlet er disponeret på følgende måde:

- Den simple tilgang til at diskontere med den alternative afkastrate
- Svagheden ved at anvende den alternative afkastrate som diskonteringsrate
- Optimumstilgangen til fastsættelsen af diskonteringsraten
- Second best fastsættelse af diskonteringsraten

4.1 Den simple tilgang til at diskontere med den alternative afkastrate

4.1.1 Efficiensargumentet - hensynet til det alternative afkast

Teoretiske analyser vedrørende bestemmelsen af den alternative netto-benefitstrøm bygger implicit på, at enhver faktisk strøm altid kan omformuleres til konstante årlig netto-benefits med samme afkastrate som den faktiske strøm. Netto-benefitstrømmen $-I_0, (B_1 - C_1), (B_2 - C_2), \dots, (B_T - C_T)$ har således afkastraten q , såfremt

$$-I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{(B_t - C_t)}{(1+q)^t} = 0$$

hvor I_0 er investeringsudgiften på tidspunkt 0 , B_t er værdien af benefits opnået på tidspunkt t , C_t er de løbende velfærdsøkonomiske omkostninger på tidspunkt t , og T er den anlagte tidshorisont.

Dette krav er imidlertid også opfyldt for en netto-benefitstrøm med investeringsudgiften $-I_0$ efterfulgt af en fast årlig netto-benefit på $\alpha(q, T) \cdot I_0$, hvor $\alpha(q, T)$ er *kapitalindvindingsfaktoren*. Denne faktor kan defineres som det konstante årlige beløb, hvis nutidsværdi over en periode på T år diskonteret med diskonteringsraten q netop er én kr. - jf. *kapitel 7*. Dvs.

$$\frac{\alpha(q, T)}{(1+q)} + \frac{\alpha(q, T)}{(1+q)^2} + \dots + \frac{\alpha(q, T)}{(1+q)^{T-1}} + \frac{\alpha(q, T)}{(1+q)^T} = 1$$
$$\Rightarrow \alpha(q, T) - \frac{\alpha(q, T)}{(1+q)^T} = (1+q) - 1 \Rightarrow \alpha(q, T) = \frac{q}{(1 - (1+q)^{-T})}$$

Man har altså, at hvis projektets alternative netto-benefitstrøm har afkastraten q , så gælder det

$$-I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{(B_t - C_t)}{(1+q)^t} = -I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{\alpha(q, T) \cdot I_0}{(1+q)^t} = 0$$

Denne omskrivning af den alternative netto-benefitstrøm til et fast årligt beløb er nødvendig, fordi man ikke kender det faktiske tidsmæssige forløb af denne strøm. Derimod antages q at være kendt, fordi der foreligger en række empiriske indikatorer herpå - jf. *kapitel 9*. Det er imidlertid også denne omskrivning af den alternative netto-benefitstrøm til et konstant årligt beløb, der kan give problemer i relation til anvendelsen af q som diskonteringsrate - jf. *afsnit 4.2*.

Umiddelbart ses det dog af det ovenstående, at ved at anvende q som diskonteringsrate på det betragtede projekt, vil dette kun have positiv nutidsværdi, såfremt dets afkastrate er større end q . Dette er det simple argument for at benytte q som diskonteringsrate. Man behøver ikke at bekymre sig om nyttediskonteringsratens og forbrugsdiskonteringsratens størrelse. Ved direkte at diskontere med den alternative afkastrate, sikrer man sig mod, at gennemføre projekter, hvis afkast er mindre end afkastet på de alternative investeringsmuligheder. Hermed sikres efficiens i allokeringen af samfundets investeringsressourcer.

Samme argumentation kan reelt benyttes, hvis projektet lånefinansieres. I dette tilfælde erstatter projektet ikke umiddelbart en anden investeringsmulighed, og giver derfor ikke anledning til tab i form af en alternativ netto-benefitstrøm. Lånet skal imidlertid betales tilbage - normalt i form af en annuitet - og dette kan det kun, hvis det giver et afkast, der mindst svarer til lånerenten. Der kan derfor argumenteres for i visse tilfælde at benytte enten den indenlandske eller den internationale lånerente som diskonteringsrate. Hvis investorerne nemlig antages at handle optimalt, vil det marginale alternative afkast netop svare til lånerenten - i en åben økonomi den internationale lånerente - jf. afsnit 4.3 og kapitel 5.

4.1.2 Det marginale velfærdsøkonomiske reale alternativafkast

Anvendelsen af den alternative afkastrate som diskonteringsrate lider imidlertid under en række svagheder af såvel praktisk som mere principiel karakter. De praktiske svagheder skyldes

- at det er *den marginale reale afkastrate*, som i givet fald er den relevante diskonteringsrate
- at det er det alternative *velfærdsøkonomiske afkast*, der i givet fald er den relevante diskonteringsrate.

Det mere principielle problem skyldes, at projektets og den alternative netto-benefitstrøm ikke nødvendigvis har samme tidsprofil. Denne problemstilling behandles i afsnit 4.2.

Det betragtede projekt repræsenterer en marginal ændring i allokeringen af samfundets knappe råstoffer og produktionsfaktorer - herunder realkapital. Det relevante sammenligningsgrundlag er derfor afkastet på den marginale alternative investering. Denne *marginale* alternative afkastrate er imidlertid vanskelig at observere i praksis. Som det fremgår af kapitel 9 foreligger der empirisk materiale vedrørende den *gennemsnitlige* afkastrate på reale investeringer. Sådanne gennemsnitlige afkastater overvurderer imidlertid de marginale afkastmuligheder, såfremt det marginale afkast, hvad der normalt antages, er faldende med investeringsomfangets størrelse.

Et mere præcist skøn for den marginale afkastrate kan muligvis opnås ved at benytte den eksisterende *markedsrente* som indikator herpå. Argumentet er, at det kan betale sig for investorerne at lånefinansiere deres investeringer i fast realkapital, så længe det forventede marginale afkast heraf er større end eller lig med lånerenten på de finansielle markeder. Der er imidlertid to forhold, som man bør være opmærksom på i denne forbindelse. For det første er det *markedsrenten før skat*, som i givet fald er den relevante indikator på alternativafkastet. I en velfærdsøkonomisk analyse er det således den alternative netto-benefitstrøm *før* eventuelle skattemæssige omfordelinger, der er det relevante sammenligningsgrundlag for projektet. For det andet er det den *forventede realrente*, som bør benyttes som indikator. Dette skyldes, at beslutningerne om alternative investeringer må antages at være baseret på forventninger til lånerenten og den marginale afkastrate. I praksis er det imidlertid kun muligt direkte at observere nominelle markedsrenter. Disse skal altså korrigeres for den forventede inflationsrate for at opnå en rimelig indikator på den forventede marginale alternative reale afkastrate. Da den forventede inflationsrate ikke kan observeres, beregnes denne oftest som en funktion af de hidtidige faktiske inflationsrater - jf. kapitel 9. Dette bringer selvsagt et element af usikkerhed ind i anvendelsen af markedsrenten som indikator.

Anvendelsen af observerede reale markedsafkast eller -renter lider under alle omstændigheder under en betydelig svaghed ved alene at være udtryk for budgetøkonomiske afkastmuligheder. Det betragtede projekts benefits og costs omfatter nemlig principielt alle projektets velfærdsrelaterede konsekvenser, som prissættes ved brug af velfærdsøkonomiske beregningspriser. Den alternative netto-benefitstrøm og dennes *velfærdsøkonomiske afkastrate* bør derfor beregnes på tilsvarende måde. Dette krav opfyldes ikke af markedets observerbare afkast og renter. Der er ikke taget højde for værdien af investeringernes eksterne effekter ved opførelsen af disse, og der bør derfor udvises betydelig forsigtighed med at benytte dem som diskonteringsrater i velfærdsøkonomiske analyser. Hvis man antager, at de alternative investeringsaktiviteter gennemgående

giver anledning til negative eksternaliteter, kan man dog anvende markedets afkast og renter som overkantskøn for den alternative velfærdsøkonomiske afkastrate.

Sammenfattende må det slås fast, at selvom argumentet for at benytte den alternative afkastrate som diskonteringsrate accepteres, vil der være en række praktiske vanskeligheder ved at fastsætte den relevante forventede reale marginale velfærdsøkonomiske afkastrate. Disse vanskeligheder er det dog under alle omstændigheder umulige at undgå, fordi hensynet til den alternative netto-benefitstrøm altid bør indarbejdes i projektvurderingen. Det væsentligste argument mod at benytte den alternative afkastrate som diskonteringsrate er derfor, at dette kan føre til vildledende resultater.

4.2 Svagheden ved at anvende den alternative afkastrate som diskonteringsrate

Anvendelsen af afkastraten som diskonteringsrate kan i visse tilfælde give misvisende resultater. Dette er således tilfældet, hvis de to sammenlignede netto-benefitstrømmes tidsprofil er forskellig, hvilket indses af følgende simple eksempel:

Netto-benefitstrømmene

1. $-1, 0, (1+q)^2$
2. $-1, \frac{q}{1-(1+q)^{-2}}, \frac{q}{1-(1+q)^{-2}}$

giver begge anledning til en afkastrate på q . Nutidsværdien af begge strømme - hhv. N_1 og N_2 - er nemlig nul ved diskontering med q som diskonteringsrate.

$$N_1 = -1 + \frac{(1+q)^2}{(1+q)^2} = -1 + 1 = 0$$

$$N_2 = -1 + \frac{\frac{q}{1-(1+q)^{-2}}}{(1+q)} + \frac{\frac{q}{1-(1+q)^{-2}}}{(1+q)^2} = -1 + \frac{q}{1-(1+q)^{-2}} \cdot \left(\frac{1}{(1+q)} + \frac{1}{(1+q)^2} \right)$$

$$= -1 + \frac{q}{1-(1+q)^{-2}} \cdot \frac{1-(1+q)^{-2}}{q} = -1 + 1 = 0$$

De to netto-benefitstrømme fremstår således umiddelbart som lige fordelagtige. Udtrykker de imidlertid ændringer i forbrugsværdier, vil de ved diskontering med forbrugsdiskonteringsraten i have forskellig nutidsværdi. De to strømmes nutidsværdi kan således beregnes som:

$$N_1 = -1 + \frac{(1+q)^2}{(1+i)^2}$$

$$N_2 = -1 + \frac{q}{1-(1+q)^{-2}} \cdot \frac{1-(1+i)^{-2}}{i} = -1 + \frac{(1+q)^2}{(1+i)^2} \cdot \frac{q}{i} \cdot \frac{(1+i)^2 - 1}{(1+q)^2 - 1} = -1 + \frac{(1+q)^2}{(1+i)^2} \cdot \frac{2+i}{2+q}$$

Det ses, at $N_2 < N_1$ for $i < q$. Generelt gælder det, at nutidsværdien af projekter, hvis afkast opnås relativt sent inden for den anlagte tidshorisont, forøges relativt til andre projekter ved at anvende en stadig mindre diskonteringsrate. Hvis fx i er 3 pct. og q er 6 pct. fås:

$$N_1 = -1 + \frac{1,06^2}{1,03^2} = -1 + 1,059 = 0,059$$

$$N_2 = -1 + \frac{1,06^2}{1,03^2} \cdot \frac{2,03}{2,06} = -1 + 1,059 \cdot 0,985 = -1 + 1,044 = 0,044$$

Samfundet vil altså foretrække forbrugsstrømmen N_1 frem for N_2 , selvom de giver anledning til samme forbrugsafkastrate, og det derfor umiddelbart burde være indifferent mellem de to strømme.

Hensynet til såvel de alternative afkastmuligheder som samfundets forbrugstidspræferencer er søgt indarbejdet i projektvurderingen ved at foretage diskonteringen med en kombination af en forrentningsfaktor (skyggepris) på kapital f_K og en diskonteringsrate svarende til forbrugsdiskonteringsrate i . Denne diskonteringsmetode er udviklet i Dasgupta, Sen & Marglin (1972) og anbefales kraftigt i Lind (1982). Metoden omtales udførligt i *kapitel 6*. Forinden skal dog omtales et mere teoretisk velfunderet argument for at benytte den alternative forbrugsafkastrate q som diskonteringsrate.

4.3 Optimumstilgangen til fastsættelsen af diskonteringsraten - Ramsey reglen

Argumentet mod direkte at benytte den alternative marginale forbrugsafkastrate q som diskonteringsrate bygger på, at der er forskel på denne og forbrugsdiskonteringsraten i . Hvis disse to rater er lig med hinanden, opstår problemet ikke, og det er underordnet, om man benytter i eller q i forbindelse med nutidsværdiberegningen. Dette er tilfældet i et *optimalt udviklingsforløb* - dvs. et udviklingsforløb, hvor nutidsværdien af velfærden maksimeres under hensyntagen til muligheden for gennem investeringer i realkapital at ændre sammensætningen af nutidigt og fremtidigt forbrug.

Denne optimalitetstilgang til bestemmelsen af diskonteringsraten som et krav til projektets afkast benævnes undertiden i den nyere økonomiske litteratur *den deskriptive tilgang* i modsætning til *den præskriptive tilgang* repræsenteret ved anvendelsen af nytte- og forbrugsdiskonteringsraterne - jf. Arrow et al. (1996).

Det optimale udviklingsforløb er karakteriseret ved, at nutidsværdien af den skabte nytte $U(c_t)$ maksimeres. Problemet kan formuleres på følgende måde, hvor ρ er den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate:

$$\text{maksimer } W = \int_{t=0}^{\infty} U(c_t) \cdot e^{-\rho \cdot t} \cdot dt$$

under hensyntagen til at $\frac{\partial k}{\partial t} = \dot{k} = f(k_t) - c_t$

Med denne formulering antages det, at produktionen i samfundet i periode t $f(k_t)$ afhænger af mængden af realkapital k_t , og at ændringen i mængden heraf, afhænger af, hvor stor andel af produktionen der bliver til rest efter forbruget i perioden c_t . Problemet kan løses ved at opstille Hamilton-funktionen - jf. Heal (1998) kapitel 9:

$$H = U(c_t) \cdot e^{-\rho \cdot t} + \lambda_t \cdot e^{-\rho \cdot t} (f(k_t) - c_t)$$

hvor λ_t er skyggeprisen på det betragtede gode, der både kan forbruges og investeres med henblik på forøgelsen af realkapitalen.

Optimumsbetingelserne er

$$\frac{\partial H}{\partial c_t} = 0 \Rightarrow U'(c_t) \cdot e^{-\rho t} - \lambda_t \cdot e^{-\rho t} = 0 \Rightarrow U'(c_t) = \lambda_t$$

$$-\frac{\partial H}{\partial k_t} = \frac{\partial \lambda_t \cdot e^{-\rho t}}{\partial t} \Rightarrow -\lambda_t \cdot e^{-\rho t} \cdot f'(k_t) = \frac{\partial \lambda_t}{\partial t} \cdot e^{-\rho t} + (-\rho) \cdot \lambda_t \cdot e^{-\rho t}$$

$$\Rightarrow -\frac{\frac{\partial \lambda_t}{\partial t}}{\lambda_t} + \rho = \rho - \dot{\lambda}_t = f'(k_t)$$

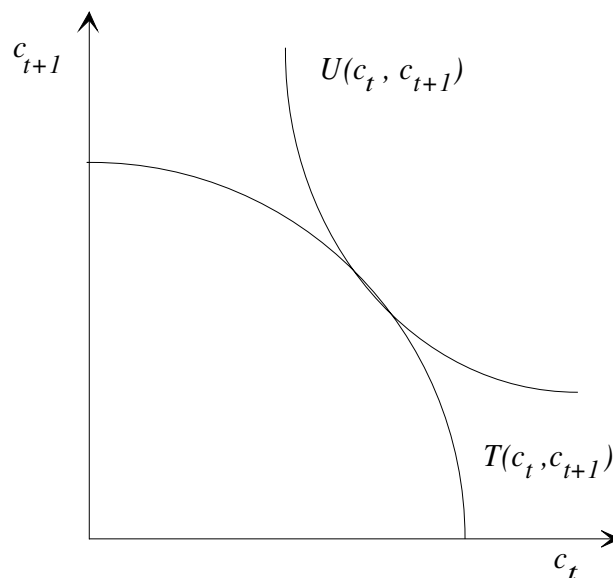
Den første betingelse angiver, at det betragtede godes skyggepris λ_t på ethvert tidspunkt i det optimale udviklingsforløb skal være lig med den marginale nytte af forbruget på det pågældende tidspunkt $U'(c_t)$. Den anden betingelse er den såkaldte *Ramsey regel*, som angiver, at det marginale afkast på realkapital $f'(k_t)$ til ethvert tidspunkt i det optimale udviklingsforløb skal være lig med forskellen mellem nyttediskonteringsraten ρ og ændringsraten for skyggeprisen på det betragtede gode $\dot{\lambda}_t$.

Det marginale afkast på realkapital $f'(k_t)$ er netop lig med alternativafkastraten q , og forskellen $(\rho - \dot{\lambda}_t)$ er netop lig med forbrugsdiskonteringsraten i . Dette indses på følgende måde, idet $U'(c_t) = \lambda_t$.

$$-\frac{\frac{\partial \lambda_t}{\partial t}}{\lambda_t} + \rho = -\frac{\frac{\partial U'(c_t)}{\partial t}}{U'(c_t)} + \rho = i$$

jf. afsnit 3.1. I et optimalt udviklingsforløb er den alternative marginale afkastrate altså til ethvert tidspunkt netop lig med forbrugsdiskonteringsraten - $q = i$.

Dette særdeles vigtige resultat er illustreret for to perioder i figur 4.1



Figur 4.1 Intertemporal optimalitet

I figuren repræsenterer indifferenskurven $U(c_t, c_{t+1})$ den samfundsmæssige nytte, der kan holdes konstant for forskellig sammensætning af forbruget i de to perioder t og $t+1$. Transformationskurven $T(c_t, c_{t+1})$ udtrykker tilsvarende mulighederne for med fuld udnyttelse af samfundets produktionsmuligheder at sammensætte produktionen af forbrugsgoder i de to perioder.

Forbrugsdiskonteringsraten i kan herefter formuleres som

$$\frac{\partial U(c_t)}{\partial c_t} \cdot dc_t + \frac{\partial U(c_{t+1})}{\partial c_{t+1}} \cdot dc_{t+1} = 0 \Rightarrow i_{t+1} = \frac{\frac{\partial U(c_t)}{\partial c_t} - \frac{\partial U(c_{t+1})}{\partial c_{t+1}}}{\frac{\partial U(c_{t+1})}{\partial c_{t+1}}} = \frac{\frac{\partial U(c_t)}{\partial c_t}}{\frac{\partial U(c_{t+1})}{\partial c_{t+1}}} - 1 = -\frac{d c_{t+1}}{d c_t} - 1$$

idet $\partial U(c_{t+1}) = -\partial U(c_t)$. Ved at forbruge mindre i periode t kan mængden af realkapital øges tilsvarende - dvs. $-dc_t = dk_{t+1}$. Den øgede realkapitalmængde giver mulighed for at producere mere i periode $t+1$ - dvs.

$$\frac{\partial f(k_{t+1})}{\partial k_{t+1}} \cdot dk_{t+1} = dc_{t+1} \Rightarrow q_{t+1} = f'(k_{t+1}) - 1 = \frac{d c_{t+1}}{d k_{t+1}} - 1 = -\frac{d c_{t+1}}{d c_t} - 1$$

Hældningen på såvel transformationskurven $T(c_t, c_{t+1})$ som indifferenskurven $U(c_t, c_{t+1})$ kan i ethvert punkt beregnes som $-\frac{d c_{t+1}}{d c_t} - 1$, og det ses af figur 4.1, at den optimale intertemporale allokering findes i punktet, hvor de to kurvers hældninger er ens. I dette punkt er derfor også $i_{t+1} = q_{t+1}$.

Dette resultat indebærer, at befinder samfundet sig på et optimalt udviklingsforløb, da kan den marginale alternative forbrugsafkastrate q direkte benyttes til at diskontere tidsmæssigt forskelligt placerede forbrugsændringer - altså ikke nytteændringer, hvor ρ fortsat må benyttes. Samtidig gælder det, at såvel forbrugsdiskonteringsraten i som den marginale afkastrate q i det optimale udviklingsforløb, hvor alle relative priser i øvrigt svarer til de skyggepriser, som karakteriserer forløbet, er lig med markedsrenten m . I et sådant forløb, kan der derfor lige så godt diskonteres med m som med i eller q .

Ramsey reglen er endvidere meget robust over for den måde, hvorpå det betragtede samfund karakteriseres. Den gælder således for et optimalt udviklingsforløb - jf. Dasgupta & Heal (1979), Dasgupta (1982), Sweeney (1982) og Heal (1998) - hvor

- der er udtømmelige og fornybare naturgivne ressourcer
- der er kontinuerte teknologiske fremskridt
- der er eksterne miljøeffekter

selvfølgelig under forudsætning af, at alle producerede goder, ressourcer og miljøeffekter er prissat til de i optimumsforløbet gældende priser.

Det er vigtigt, at Ramsey reglen fortolkes korrekt. Der er tale om *en egenskab ved et optimalt udviklingsforløb*. Det er altså ikke muligt ud fra reglen at argumentere for at benytte den i samfundet gældende marginale forbrugsafkastrate som diskonteringsrate, med mindre det kan godtgøres, at samfundet befinder sig i et optimalt udviklingsforløb - hvilket næppe er muligt. Optimal kontrolteori, som er benyttet ved udledning af reglen, er velegnet til udledning af de forhold - skyggepriser, diskonteringsrater, forbrugs- og investeringsudvikling osv. - som karakteriserer et sådant udviklingsforløb. Man bør imidlertid være varsom med at anvende optimalitetsegenskaberne ved vurdering af konkrete projekter, der gennemføres i et samfund, som ikke i øvrigt er karakteriseret ved optimalitet - jf. det såkaldte *second best problem*.

Der kan dog også inden for den opstillede models egne rammer rettes en række indvendinger mod den fremstillede argumentation:

- Det benyttede optimalitetskriterium *maksimer* $W = \int_{t=0}^{\infty} U(c_t) \cdot e^{-\rho \cdot t} \cdot dt$ er kritisabelt
- Tilstedeværelsen af skatter og andre forvridende institutionelle forhold indebærer, at $i = q$ ikke nødvendigvis gælder i et second best udviklingsforløb, hvor der også tages hensyn til finansieringen af offentlige aktiviteter.

Det benyttede optimalitetskriterium, i følge hvilket nutidsværdien af nytten bør maksimeres, er kritisabelt, fordi det som omtalt i *afsnit 2.2* fører til en diskutabel fordeling af nytten over tid. Hvis $\rho > 0$ er nytten i et optimalt udviklingsforløb faldende over tid. Hvis $\rho = 0$, og der overhovedet findes en løsning på optimalitetsproblemet i dette tilfælde, er nytten stigende over tid - jf. Dasgupta (1982). Dette fordelingsproblem kan undgås ved at benytte et andet optimalitetskriterium. Et ofte anvendte kriterium i den økonomiske bæredygtigheds litteratur er således *maksimer* $c_t = \text{konstant for alle } t$. Dette kriterium er selvsagt ekstremt i den forstand, at diskonteringsproblematikken hermed reelt sættes ud af kraft. Forbrugsdiskonteringsraten er ikke defineret, og den marginale afkastrate i hver periode er bestemt af optimalitetskriteriet $c_t = c_{t+1}$ for alle t . Eksemplet viser imidlertid, at der er en nær sammenhæng mellem muligheden for at benytte den marginale afkastrate som diskonteringsrate og det valgte optimalitetskriterium.

Ramsey reglen er formuleret for en lukket økonomi med kun én økonomisk sektor. Hvis samfundet i stedet består af to sektorer - en privat og en offentlig - og den offentlige sektor for at gennemføre sine aktiviteter er nødt til at opkræve forvridende skatter, får det konsekvenser for formuleringen af det optimale udviklingsforløb. Det er heller ikke givet, at $q = i$ fortsat vil gælde i et sådant forløb. Er dette ikke tilfældet, kan den marginale afkastrate i den private sektor ikke benyttes som diskonteringsrate for offentlige projekter, og det er nødvendigt at udlede en særlig diskonteringsrate herfor. Problemstillingen beskrives i det følgende *afsnit 4.4*, der bygger på Sandmo & Drèze (1971), Arrow (1982), Stiglitz (1982) og Usher (1982).

Ramsey reglen er endvidere formuleret for en lukket økonomi, hvor opsparings- og investeringsaktiviteten i samfundet påvirker markedsrenten. I en åben økonomi som den danske er markedsrenten eksternt givet ved den internationale rente r , og det er derfor nødvendigt, at forbrugstidspræferenceraten i er lig med denne rente - ellers vil det, hvis $i < r$, kunne betale sig at akkumulere økonomien indtil den er stor nok til at kunne påvirke renten, mens det, hvis $i > r$, vil kunne betale sig at forbruge hele økonomiens kapitalbeholdning, jf. Blanchard & Fischer (1989) note 32, side 85. Spørgsmålet om valg af diskonteringsrate i en lille åben økonomi behandles *kapitel 5*.

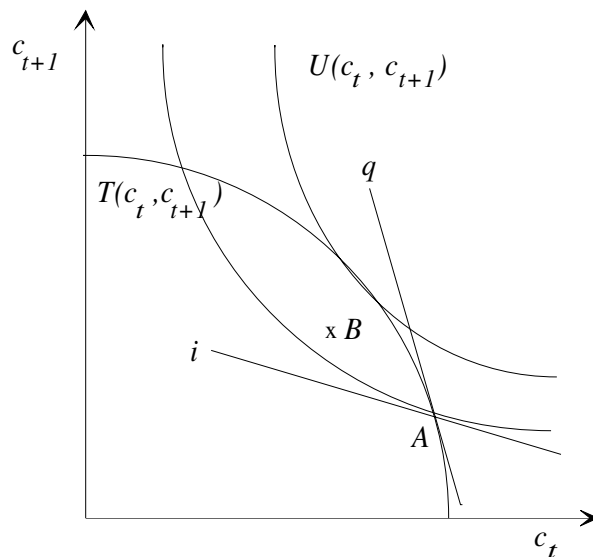
4.4 Second best fastsættelse af diskonteringsraten

Tilstedeværelsen af skatter t på det økonomiske afkast i den private sektor skaber en forvridning i forholdet mellem den marginale forbrugsafkastrate q og forbrugsdiskonteringsraten i . Forbrugerne sammensætter deres nutidige og fremtidige forbrug i overensstemmelse med de intertemporale substitutionsmuligheder efter skat, mens den marginale afkastrate er lig med disse substitutionsmuligheder før skat - dvs. $i = q - t$. Denne ligevægtssituation med en forvridende skat er vist i *figur 4.2*.

Punktet A på figuren viser den intertemporale ligevægt, der er optimal med den forvridende skat t . I dette punkt er hældningen på transformationskurven $T(c_t, c_{t+1})$ - dvs. den marginale afkastrate q - netop lig med hældningen i på den indifferenskurve $U(c_t, c_{t+1})$ der går gennem punktet og skattesatsen divideret med $(1 - t)$, hvor t er skattesatsen på den private sektors afkast - dvs.

$$q = \frac{i}{(1-t)}$$

Det ses, at et projekt, der fører samfundet fra punktet A til punktet B , indebærer en velfærdsforbedring - punktet B ligger på en højere indifferenskurve. Dette vil også blive resultatet, hvis forbrugsdiskonteringsraten i bliver benyttet ved sammenvæjningen af forbrugsændringerne i de to perioder. Derimod vil anvendelsen af afkastraten q som diskonteringsrate føre til, at projektet fejlagtigt bliver forkastet.



Figur 4.2 Intertemporalt optimum med forvridende skat på det marginale afkast

Hvis bevægelsen fra A til B repræsenterer samtlige konsekvenser af projektet, bør man altså i denne second best økonomi benytte forbrugsdiskonteringsraten i i forbindelse med diskonteringen. Problemet er imidlertid, at man sjældent kender alle konsekvenserne - dvs. både projektets direkte og indirekte konsekvenser. De direkte konsekvenser er knyttet til den umiddelbare ændring i c_t ved at gennemføre projektet samt dets umiddelbare konsekvenser for forbruget i næste periode c_{t+1} . De indirekte konsekvenser er herefter et resultat af den private sektors reaktion på projektet - ikke mindst som følge af den offentlige sektors finansiering af projektet gennem skatteopkrævning. Spørgsmålet er derfor, om det gennem fastsættelsen af en særlig diskonteringsrate q_{off} for offentlige projekter, er muligt både at tage højde for disses direkte og indirekte konsekvenser? Denne diskonteringsrate er i givet fald udtryk for det marginale afkast, som offentlige projekter mindst skal afkaste for at dække de direkte og indirekte mistede alternative afkast.

4.4.1 Sandmo & Drèze modellen

I Sandmo & Drèze (1971) udledes en formel for q_{off} . De opstiller en to-periode model for en økonomi med to sektorer - en privat og en offentlig - og én vare. Resultaterne fra løsningen af denne model kan generaliseres til flere varer og sektorer.

Den private sektor er i periode 1 underkastet en budgetrestriktion på w . Dette beløb kan anvendes til forbrug c_1 i periode 1, investeringer y og udlån til den offentlige sektor b . Man har altså

$$w = c_1 + y + b$$

I periode 2 har den private sektor herefter det produktionsmæssige resultat af investeringen $f(y)$ til rådighed sammen med renterne og tilbagebetalingen af lånet $(1+i) \cdot b$, hvor i er den gældende rente svarende til forbrugsdiskonteringsraten. Den private sektor skal imidlertid også betale skattesatsen t af investeringens afkast, dvs. der skal betales $(f(y) - y) \cdot t$ i skat. Endelig modtager sektoren et subsidie a , der svarer til overskuddet i den offentlige sektor. Den private sektors forbrug c_2 i periode 2 bliver herefter

$$c_2 = f(y) - t \cdot (f(y) - y) + (1+i) \cdot b + a$$

Den offentlige sektor anvender det lånte beløb b til investeringer z - dvs. $b = z$ - som i periode 2 giver anledning til produktionen $g(z)$. Den offentlige sektors budget i periode 2 opfylder altså betingelsen

$$g(z) + t \cdot (f(y) - y) = (1+i) \cdot b + a$$

Endelig antages samfundets velfærd $U(c_1, c_2)$ at afhænge af forbruget i de to perioder. Denne velfærd ønskes maksimeret, og ud fra maksimeringsbetingelserne udledes herefter et krav til det marginale afkast på de offentlige investeringer q_{off} , der kan benyttes som diskonteringsrate - dvs. $g'(z) = 1 + q_{off}$.

Betingelserne for maksimeringen af velfærd udledes ved at opstille Lagrange-funktionen for velfærd-funktionen med budgetrestriktionerne for de to perioders forbrug som bibetingelser. Altså

$$L = U(c_1, c_2) - \lambda_1 \cdot (c_1 + y + b - w) - \lambda_2 \cdot (f(y) - t \cdot (f(y) - y) + (1+i) \cdot b + a - c_2)$$

Optimumsbetingelserne bliver herefter

$$\frac{\partial L}{\partial c_1} = \frac{\partial U(c_1, c_2)}{\partial c_1} + \lambda_1 = U'(c_1) - \lambda_1 = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial c_2} = \frac{\partial U(c_1, c_2)}{\partial c_2} - \lambda_2 = U'(c_2) + \lambda_2 = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial b} = -\lambda_1 - \lambda_2 \cdot (1+i) = 0 \Rightarrow -\lambda_1 = \lambda_2 \cdot (1+i)$$

$$\frac{\partial L}{\partial y} = -\lambda_1 - \lambda_2 \cdot (f'(y) - t \cdot f'(y) + t) = 0 \Rightarrow -\lambda_1 - \lambda_2 \cdot f'(y) \cdot (1-t) - \lambda_2 \cdot t = 0$$

Ved erstatning af $-\lambda_1$ med $\lambda_2 \cdot (1+i)$ fås endelig

$$U'(c_1) + \lambda_2 \cdot (1+i) = U'(c_2) + \lambda_2 = 0 \Rightarrow U'(c_1) - U'(c_2) \cdot (1+i) = 0 \Rightarrow \frac{U'(c_1)}{U'(c_2)} = (1+i)$$

$$\lambda_2 \cdot (1+i) - \lambda_2 \cdot f'(y) \cdot (1-t) - \lambda_2 \cdot t = 0 \Rightarrow -f'(y) \cdot (1-t) = -(1-t) - i \Rightarrow f'(y) = 1 + \frac{i}{(1-t)}$$

Disse to optimumsbetingelser angiver altså, at forbrugerne skal sammensætte deres forbrug i periode 1 og 2 på grundlag af forbrugsdiskonteringsraten. Det optimale investeringsomfang bestemmes derimod af denne diskonteringsrate korrigeret for skatten på produktionsafkast.

Den optimale diskonteringsrate for offentlige investeringer q_{off} kan på tilsvarende vis bestemmes ved maksimering af samfundets velfærdsfunktion med hensyn til det offentlige investeringsomfang z og subsidierne a . Dette sker igen ved at opstille en Lagrange-funktion, men denne gang med budgetrestriktionen for den offentlige sektor som bibetingelse.

$$\begin{aligned} L &= U(c_1, c_2) - \lambda \cdot (g(z) + t \cdot (f(y) - y) - (1+i) \cdot b - a) \\ &= U(c_1, f(y) - t \cdot (f(y) - y) + (1+i) \cdot (w - c_1 - y) + a) \\ &\quad - \lambda \cdot (g(w - c_1 - y) + t \cdot (f(y) - y) - (1+i) \cdot (w - c_1 - y) - a) \end{aligned}$$

Idet ændringer i den offentlige sektors investeringer og subsidier antages at påvirke det private forbrug gennem markedsrenten, som er lig med forbrugsdiskonteringsraten, fås optimumsbetingelserne for den offentlige sektor:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial L}{\partial z} &= U'(c_1) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial i} \cdot \frac{\partial i}{\partial z} \\
&+ U'(c_2) \cdot \left((f'(y) - t \cdot (f'(y) - 1)) \cdot \frac{\partial y}{\partial i} \cdot \frac{\partial i}{\partial z} - (1+i) \cdot \frac{\partial i}{\partial z} \left(\frac{\partial c_1}{\partial i} + \frac{\partial y}{\partial i} \right) + \frac{\partial i}{\partial z} \cdot z \right) \\
&- \lambda \cdot \left(-g'(z) \cdot \left(\frac{\partial c_1}{\partial i} + \frac{\partial y}{\partial i} \right) \cdot \frac{\partial i}{\partial z} + t \cdot (f'(y) - 1) \cdot \frac{\partial y}{\partial i} \cdot \frac{\partial i}{\partial z} + (1+i) \cdot \left(\frac{\partial c_1}{\partial i} + \frac{\partial y}{\partial i} \right) \cdot \frac{\partial i}{\partial z} - \frac{\partial i}{\partial z} \cdot z \right) \\
&= U'(c_2) \cdot (1+i) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial i} \\
&+ U'(c_2) \cdot \left(\left(1 + \frac{i}{(1-t)}\right) - t \cdot \left(1 + \frac{i}{(1-t)}\right) - 1 \right) \cdot \frac{\partial y}{\partial i} - (1+i) \left(\frac{\partial c_1}{\partial i} + \frac{\partial y}{\partial i} \right) + z \\
&- \lambda \cdot \left(-g'(z) \cdot \left(\frac{\partial c_1}{\partial i} + \frac{\partial y}{\partial i} \right) + t \cdot \left(1 + \frac{i}{(1-t)}\right) - 1 \right) \cdot \frac{\partial y}{\partial i} + (1+i) \cdot \left(\frac{\partial c_1}{\partial i} + \frac{\partial y}{\partial i} \right) - z \\
&= U'(c_2) \cdot z - \lambda \cdot \left(-g'(z) \cdot \left(\frac{\partial c_1}{\partial i} + \frac{\partial y}{\partial i} \right) + \left(1 + \frac{i}{(1-t)}\right) \cdot \frac{\partial y}{\partial i} + (1+i) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial i} - z \right) = 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial L}{\partial a} &= U'(c_1) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial a} + U'(c_2) \cdot \left(-(1+i) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial a} + 1 \right) - \lambda \cdot \left(-g'(z) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial a} + (1+i) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial a} - 1 \right) \\
&= U'(c_2) \cdot (1+i) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial a} + U'(c_2) \cdot \left(-(1+i) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial a} + 1 \right) - \lambda \cdot \left(-g'(z) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial a} + (1+i) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial a} - 1 \right) \\
&= U'(c_2) - \lambda \cdot \left(-g'(z) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial a} + (1+i) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial a} - 1 \right) = 0
\end{aligned}$$

Man har altså

$$\begin{aligned}
& U'(c_2) \cdot z - \lambda \cdot \left(-g'(z) \cdot \left(\frac{\partial c_1}{\partial i} + \frac{\partial y}{\partial i} \right) + \left(1 + \frac{i}{(1-t)} \right) \cdot \frac{\partial y}{\partial i} + (1+i) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial i} - z \right) \\
&= U'(c_2) - \lambda \cdot \left(-g'(z) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial a} + (1+i) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial a} - 1 \right) = 0 \\
\Rightarrow & \left(-g'(z) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial a} + (1+i) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial a} \right) \cdot z - \left(-g'(z) \cdot \left(\frac{\partial c_1}{\partial i} + \frac{\partial y}{\partial i} \right) + \left(1 + \frac{i}{(1-t)} \right) \cdot \frac{\partial y}{\partial i} + (1+i) \cdot \frac{\partial c_1}{\partial i} \right) = 0 \\
\Rightarrow & g'(z) = \frac{(1+i) \cdot \left(\frac{\partial c_1}{\partial i} - \frac{\partial c_1}{\partial a} \cdot z \right) - \left(1 + \frac{i}{(1-t)} \right) \cdot \frac{\partial y}{\partial i}}{\left(\frac{\partial c_1}{\partial i} - \frac{\partial c_1}{\partial a} \cdot z \right) + \frac{\partial y}{\partial i}}
\end{aligned}$$

Heraf ses, at det marginale afkast på offentlige investeringer $g'(z)$ ved et optimalt investeringsomfang i denne sektor kan bestemmes som et vejet gennemsnit af forbrugsdiskonteringsraten i og det optimale marginale afkast før skat i den private sektor $\left(1 + \frac{i}{(1-t)} \right) = f'(y)$. Som vægte benyttes hhv.

$$\frac{\left(\frac{\partial c_1}{\partial i} - \frac{\partial c_1}{\partial a} \cdot z \right)}{\left(\frac{\partial c_1}{\partial i} - \frac{\partial c_1}{\partial a} \cdot z \right) + \frac{\partial y}{\partial i}} \quad \text{og} \quad \frac{\frac{\partial y}{\partial i}}{\left(\frac{\partial c_1}{\partial i} - \frac{\partial c_1}{\partial a} \cdot z \right) + \frac{\partial y}{\partial i}}$$

- altså det private forbrugs og

de private investeringers relative følsomhed med hensyn til ændringer i renten og subsidierne. Summen af vægtene er, som det fremgår, lig med én. Det således fastsatte optimale marginale afkast på offentlige investeringen repræsenterer det afkastkrav, som offentlige projekter under en optimal investeringsstrategi skal opfylde. Dette afkast kan derfor benyttes som grundlag for fastsættelsen af den diskonteringsrate, som bør

benyttes ved vurderingen af offentlige projekter - dvs. $g'(z) = (1+q_{off})$. Det gælder, at $i < q_{off} < \frac{i}{(1-t)} = q$ -

dvs. at diskonteringsraten q_{off} ligger i intervallet mellem forbrugsdiskonteringsraten i og det marginale afkast før skat q i den private sektor.

Et tilsvarende resultat nås med lidt andre forudsætninger af Arrow (1982). Han bestemmer hele det optimale udviklingsforløb under forudsætning af forskellige former for finansiering af de offentlige aktiviteter - forvridende og ikke-forvridende skatter - samt forudsætning om den private sektors reaktioner herpå og af mulighederne for at substituere privat realkapital med offentlig kapital. Han viser, at den korrekte diskonteringsrate for offentlige aktiviteter afhængigt af forudsætningerne kan antage alle værdier mellem i og q .

Stiglitz (1982) analyserer konsekvenserne af en marginal investering i den offentlige sektor under forskellige forudsætninger om finansiering og øvrige begrænsninger på de økonomiske agents reaktionsmuligheder. Han viser, at den relevante diskonteringsrate for offentlige projekter hverken nødvendigvis er lig med i eller q eller ligger i intervallet mellem i og q . Dette afhænger fuldstændigt af forudsætningerne om økonomiens virkemåde.

4.4.2 Illustration af second best resultaterne og hensynet til projektets indirekte konsekvenser

Den fundamentale tankegang bag optimalitetstilgangen til fastsættelsen af diskonteringsraten - her repræsenteret ved Ramsey reglen og Sandmo & Dréze modellen - er ønsket om gennem valget af denne rate at sikre en intertemporal efficient allokering af samfundets produktionsfaktorer. I diskonteringsraten er således sammenfattet alle relevante indirekte konsekvenser for allokeringen af at gennemføre projektet med en given

finansiering. Hvis de indirekte konsekvenser kan kvantificeres på tilsvarende vis som de direkte effekter, skal forbrugsdiskonteringsraten benyttes ved nutidsværdiberegningerne for projektets samlede effekter. Er det imidlertid kun muligt at beskrive dettes direkte effekter, er optimalitetstilgangen et forsøg på gennem valget af diskonteringsrate at tage højde for de indirekte effekter.

Usher (1982) forsøger at anskueliggøre de teknisk set vanskeligt forståelige optimalitetsresultater ved at skelne mellem tre typer af indirekte effekter:

- Efterspørgselseffekten
- Substitutionseffekten
- Skatteeffekten

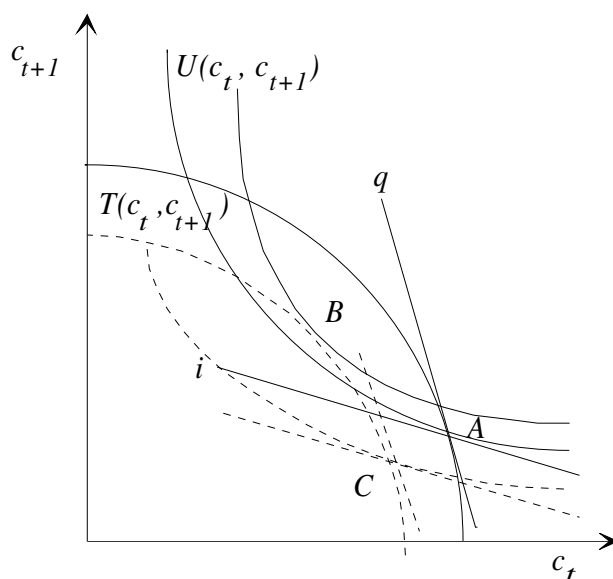
Efterspørgselseffekten vedrører agenternes tilpasning til et nyt niveau for produktions- og forbrugsmulighederne i samfundet. I den udstrækning det offentlige projekt påvirker dette niveau og dermed også fordelingen mellem nutidigt og fremtidigt forbrug, således at denne ikke længere med den givne forbrugsdiskonteringsrate - markedsrente efter skat - og marginale forbrugsafkastrate før skat er optimal, vil agenterne ændre deres opsparings- og investeringsadfærd.

Substitutionseffekten opstår som følge af det offentlige projekts påvirkning af sammensætningen af produktions- og forbrugsmulighederne i samfundet. Agenterne vil som følge heraf yderligere ændre deres opsparings- og investeringsadfærd, således at denne med den givne markedsrente efter skat og afkastrate før skat forbliver optimal.

Skatteeffekten opstår gennem projektets finansiering, såfremt denne giver anledning til yderligere forvriddede skatter. Hvis disse giver anledning til, at forskellen mellem markedsrenten efter skat og afkastraten før skat forøges, vil der fra agenternes side ske en tilpasning i opsparingen og investeringsomfanget.

Effekterne er søgt illustreret i *figur 4.3 - 4.5*.

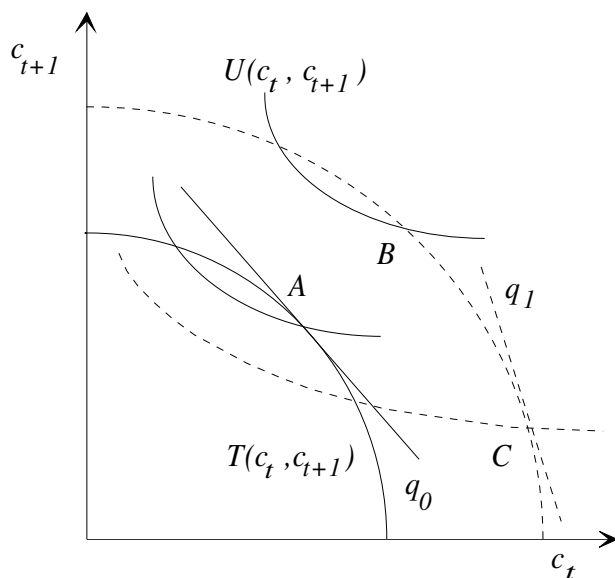
Hvis det offentlige projekts direkte effekter i *figur 4.3* kan repræsenteres ved en bevægelse fra punktet *A* til *B*, synes det umiddelbart at være en fordel. Det bringer samfundet op på en højere indifferenskurve, selvom det samlet set reducerer produktionsmulighederne i samfundet - transformationskurven er rykket indad i diagrammet. I punktet *B* er optimalitetsbetingelsen for forholdet mellem *i* og *q* imidlertid ikke opfyldt. Dette antages den private sektor reagere på ved at ændre sit investeringsomfang - efterspørgselseffekten - indtil ligevægten igen er genoprettet i punktet *C*. Dette punkt ligger på en lavere liggende indifferenskurve. Det offentlige projekt kan altså samlet set ikke betale sig. Dette skyldes, at dets afkastrate er mindre end den marginale afkastrate i den private sektor - i figuren udtrykt ved, at transformationskurven rykker indad i diagrammet.



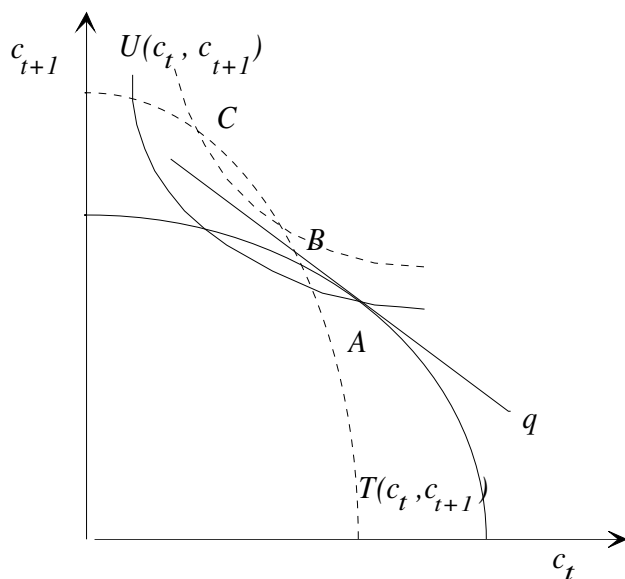
Figur 4.3 Efterspørgselseffekten

Selvom projektets afkastrate overstiger afkastraten i den private sektor, hvilket i *figur 4.4* er vist ved, at transformationskurven rykkes udad i diagrammet, er det alligevel ikke sikkert, at projektet er fordelagtigt. Hvis projektet nemlig finansieres gennem en skat, der yderligere forvrider forholdet mellem i og q , vil dette give anledning til en negativ skatteeffekt. Dette er vist i figuren ved at projektet umiddelbart fører samfundet fra punktet A til en ny ligevægt B på en højere beliggende indifferenskurve, hvor forholdet mellem i og q_0 samtidig er det samme som i A . Den yderligere skat får imidlertid den private sektor til at reagere ved at ændre investeringerne, således at samfundet ender i punktet C , hvor den marginale afkastrate før skat i den private sektor q_1 er højere i forhold til i end i udgangssituationen A .

Den sidste indirekte effekt - substitutionseffekten - er anskueliggjort i *figur 4.5*. Pointen er, at offentlige projekter ikke nødvendigvis blot flytter den private sektors transformationskurve indad eller udad i diagrammet. Det er også muligt, at kurven ændrer form eller roterer. Dette er tilfældet, hvis det offentlige projekt enten substituerer eller komplementerer den private sektors produktion. Eksemplet i *figur 4.5* viser et tilfælde, hvor det offentlige projekt umiddelbart fører produktionssammensætningen i samfundet fra punktet A til punktet B på den oprindelige fuldt optrukne transformationskurve og på en højere beliggende indifferenskurve. Projektet indebærer imidlertid også, at transformationskurven drejes, som vist med den stiplede kurve. For at opretholde det optimale forhold mellem i og q reagerer den private sektor herpå ved at ændre produktionssammensætningen fra B til C . Dette indebærer i det viste eksempel en yderligere nyttetilvækst.



Figur 4.4 Skatteeffekten



Figur 4.5 Substitutionseffekten

De illustrerede eksempler anskueliggør, hvilke indirekte effekter der kan indtræffe som følge af gennemførelsen og finansieringen af et offentligt projekt. Dets samlede indirekte afkast- og forbrugstab er således et resultat af dets konsekvenser for opsparings- og investeringsaktiviteten i samfundet. Det er disse konsekvenser, som ved optimalitetstilgangen omskrives til et afkastkrav for offentlige projekter. Dette afkastkrav skal opfyldes, for at projekterne giver anledning til en velfærdsforbedring. Afkastkravet udtrykkes i form af en diskonteringsrate for offentlige projekter q_{off} .

4.5 Sammenfatning

Idealt set er man som omtalt i indledningen interesseret i at sammenligne to netto-benefitstrømme - den med projektet skabte strøm og den strøm, der mistes, ved at trække produktionsfaktorer bort fra anden anvendelse. Den velfærdsmæssige værdi af den mistede netto-benefitstrøm afhænger af

- projektets finansiering - evt. skatteforvridning
- projektets påvirkning af opsparingsadfærden
- geninvesteringsadfærden
- den alternative velfærdsøkonomiske afkastrate i de aktiviteter, som mistes gennem projektets brug af produktionsfaktorer
- forbrugsdiskonteringsraten

Dette viser, at den aktuelle marginale budgetøkonomiske afkastrate i samfundet - dette være sig i den private sektor eller den offentlige sektor - næppe er et godt grundlag for fastsættelsen af den samfundsmæssige diskonteringsrate.

Gennem den skildrede optimalitetstilgang søger man at bestemme et krav til afkastet på projekter, der tager højde for de forskellige direkte og indirekte netto-benefittab, som disse giver anledning til. Afkastkravet udtrykkes i en diskonteringsrate - herunder i en økonomi med såvel en privat som en skattefinansieret offentlig sektor en særlig diskonteringsrate for offentlige projekter q_{off} . Optimalitetsanalyserne viser, at afkastkravet fuldstændig afhænger af, hvilke typer af adfærdsbegrænsninger agenterne antages at være underlagt, og hvilke former for skatter der antages at blive taget i brug. Afkastkravet er endvidere afhængigt af forbrugsdiskonteringsraten. Det er derfor ikke muligt gennem optimalitetsanalyserne at udlede én diskonteringsrate.

Optimalitetstilgangen til fastsættelsen af diskonteringsraten lider også under en række andre svagheder. Der er således tale om at fastsætte et afkastkrav til projekter under forudsætning af, at både den private og den offentlige sektor i øvrigt handler optimalt. Dette forudsætter

- at den private sektor ikke alene handler budgetøkonomisk optimalt, men også velfærdsøkonomisk optimalt - herunder at den marginale forbrugsafkastrate bestemmes med udgangspunkt i en samfundsmæssig forbrugsdiskonteringsrate og ikke en individuel diskonteringsrate
- at den offentlige sektor handler velfærdsmæssigt optimalt - herunder bl.a. fører en optimal skatte- og afgiftspolitik, en optimal udgiftspolitik og ikke mindst optimal miljøpolitik, hvor alle eksterne miljøeffekter internaliseres
- at de eksisterende relative priser er de priser, som vil gælde under et optimalt udviklingsforløb.

Dette er selvsagt meget store og urealistiske krav at stille. Sammen med afkastratens afhængighed af de angivne forudsætninger om finansierings- og adfærdsmæssige forhold, taler det imod forsøget på at benytte en sådan optimalitetsfastsat diskonteringsrate ved vurderingen af projekter. Omvendt må bestemmelsen af den netto-benefitstrøm, som mistes ved projektets gennemførelse - herunder de samlede indirekte efterspørgsels-, skatte- og substitutionseffekter - formentlig i de fleste tilfælde anses for at være en praktisk uoverkommelig opgave. Formentlig kan bestemmelsen af den alternative netto-benefitstrøm i bedste fald kun ske gennem anvendelse af en adfærdsbeskrivende økonomisk model.

Hensynet til den ved investeringen mistede alternative netto-benefitstrøm kan principielt indarbejdes i projektvurderingen på to måder - enten 1) i form af et afkastkrav til de vurderede projekter eller 2) ved konkret at specificere den alternative netto-benefitstrøm. Der er store praktiske problemer forbundet med dem begge.

Hvis hensynet til de alternative afkastmuligheder formuleres som et afkastkrav, kan det undersøges, om værdien af de vurderede projekters forbrugsændringer lever op hertil, ved at diskontere med en alternativ forbrugsafkastrate. Denne rate bør være

- en real afkastrate
- en marginal afkastrate
- en velfærdsøkonomisk afkastrate - altså den budgetøkonomiske afkastrate korrigeret for værdien af positive og negative eksternaliteter.

Projekternes relative fordelagtighed kan imidlertid ikke afgøres på denne måde - jf. *afsnit 4.2*. Dette kan derimod vurderes ved for de projekter, der lever op til afkastkravet, at diskontere deres respektive forbrugsstrømme med forbrugsdiskonteringsraten.

Som alternativ til denne relativt simple fremgangsmåde kan man ved beskrivelsen af projekternes direkte konsekvenser vælge også konkret at beskrive, hvilke konsekvenser for forbrug og investeringer, projekterne faktisk forventes at få - altså ikke nødvendigvis konsekvenserne under et optimalt udviklingsforløb. Er det muligt at opstille denne alternative netto-benefitstrøm, kan denne efterfølgende vurderes på linie med de vurderede projekters netto-benefitstrømme ved at diskontere med forbrugsdiskonteringsraten. Det er denne tankegang, der danner udgangspunkt for beregningen af den såkaldte *skyggepris på kapital* eller *forrentningsfaktor på kapital*, der behandles i *kapitel 6*.

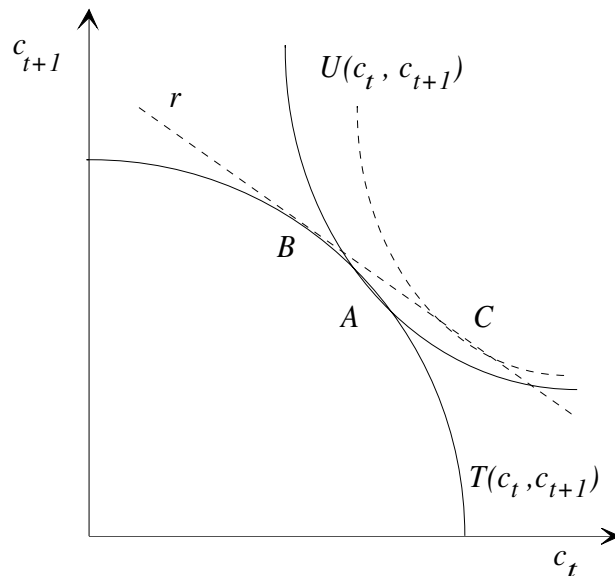
Overvejelserne i dette kapitel er dækkende for en *lukket økonomi*. Inden de analyseres yderligere i *kapitel 6*, er det imidlertid værd at undersøge, om overvejelserne også er dækkende for en *lille åben økonomi* som den danske. Det karakteristiske ved en sådan økonomi, når der samtidig føres en fastkurspolitik, er, at markedsrenten kan opfattes som eksogent givet med den internationale rente. Spørgsmålet er, om denne rente i en lille åben økonomi kan danne grundlag for fastsættelsen af diskonteringsraten og/eller den alternative afkastrate?

Kapitel 5 Den internationale rente

I *kapitel 4* blev det for en lukket økonomi vist, at diskonteringsraten for projekter i et *first best* optimalt udviklingsforløb bør fastsættes svarende til den marginale velfærdsøkonomiske forbrugsafkastrate. Afkastraten beregnes med udgangspunkt i optimumsforløbets skyggepriser, og den er lig med forbrugsdiskonteringsraten. Hvis økonomien både omfatter en privat og en offentlig sektor, og denne finansieres ved brug af forvridende skatter og afgifter, påvirkes valget af diskonteringsrate. I et *second best* optimalt udviklingsforløb kan diskonteringsraten for offentlige projekter fastsættes på grundlag af den marginale velfærdsøkonomiske afkastrate i den private sektor og forbrugsdiskonteringsraten. Diskonteringsraten for offentlige projekter kan imidlertid enten være større end eller mindre end eller udgøre et vægtet gennemsnit af disse to rater. Dette afhænger af, hvorledes projektet finansieres, og af, hvilke begrænsninger der i øvrigt er på agenternes adfærdsmuligheder. Konklusionen er altså, at det ikke i en lukket økonomi er muligt at pege på én diskonteringsrate, der kan benyttes ved vurdering af alle projekter under et *second best* optimumsforløb.

Spørgsmålet er nu, om denne "nedslående" konklusion også gælder for en lille åben økonomi, hvor den internationale rente er eksogent givet. I en lukket økonomi påvirkes markedsrenten af producenterne og forbrugernes intertemporale valg, således at den intertemporale optimumsbetingelse for forholdet mellem den marginale afkastrate og forbrugsdiskonteringsraten opretholdes. I en lille åben økonomi er renten som sagt eksogent givet, og producenter og forbrugere må antages at indrette deres intertemporale valg herefter.

I et *first best* optimalt udviklingsforløb for en lille åben økonomi vil den velfærdsøkonomiske marginale afkastrate og forbrugsdiskonteringsraten være lig med den internationale rente, og denne kan derfor benyttes som diskonteringsrate - forudsat at projekternes konsekvenser i øvrigt prissættes svarende til optimumsforløbets skyggepriser. Dette er anskueliggjort i *figur 5.1*.



Figur 5.1 Intertemporalt optimum for lille åben økonomi

For en lukket økonomi bestemmes det intertemporale optimum for to perioder i punktet A, hvor hældningen på transformationskurven $T(c_t, c_{t+1})$ er lig med hældningen på indifferenskurven $U(c_t, c_{t+1})$ - dvs. den marginale afkastrate q er lig med forbrugsdiskonteringsraten i . I en lille åben økonomi med faste valutakurser har agenterne mulighed for at låne til den gældende internationale rente r - angivet med hældningen på linien r på figuren. Dette gør det muligt for agenterne at vælge et produktionsoptimum i punktet B og sammensætte forbruget i de to perioder svarende til punktet C. Dette punkt ligger på en højere beliggende indifferenskurve end udgangspunktet A. Den hertil svarende velfærdsforbedring er opnået ved gennem lån at øge forbruget i periode t mod at sænke det i periode $t+1$.

Dette first best resultat benytter Lind (1990) som udgangspunkt for sin argumentation for, at den internationale rente i de fleste tilfælde kan benyttes som diskonteringsrate ved vurderingen af investeringsprojekter. Hans udgangspunkt er, at bestemmelsen af projekternes opportunity costs i en lukket økonomi i høj grad afhænger af, hvorledes de bliver finansieret, og dermed af i hvor høj grad de fortrænger private investeringer, andre offentlige investeringer og forbrug. Spørgsmålet er herefter, om muligheden for at låne til en fast international rente betyder, at man kan se bort fra en række af de fortrængningseffekter, som gennem tilpasning af markedsrenten er karakteristiske for en lukket økonomi? Dette mener Lind, at man i de fleste tilfælde kan.

Et projekt vil altid kunne finansieres med udenlandske lån til den internationale rente r . Derfor er det en tilstrækkelig betingelse for at gennemføre projektet, at dets årlige afkast er større end denne rente. Projektet afkaster i så fald årligt netto-benefits, der overstiger de omkostninger, samfundet påføres gennem lånet. Dette gælder også, hvis der er tale om, at den offentlige sektor optager lånet og investerer de lånte penge i et projekt frem for at nedsætte skatten. Herved opnår befolkningen en indkomstgevinst i periode 1 mod at skulle betale den internationale rente og afdrag i periode 2.

Nogle personer er investorer og indkomstgevinsten giver dem mulighed for at investere mere. Da den marginale afkastrate på de private investeringer imidlertid må antages at være lig med den internationale rente r - investorer har altid mulighed for at låne ud til renten r - så vil investorerne blive bedre stillet, hvis den offentlige sektor benytter de lånte midler til at investere i et projekt, der afkaster mere end r , frem for at sænke skatten.

Andre personer er låntagere. De får gennem en skattesænkning mulighed for at begrænse lånene og kan dermed reducere rentebetalingerne. Disse er bestemt af forbrugsmarkedsrenten efter skat, som i optimum er lig med den internationale rente r fratrukket skatten. Låntagerne bliver altså også bedre stillet ved, at den offentlige sektor benytter de lånte midler til at gennemføre et projekt, der afkaster mere end r frem for at benytte dem til at sænke skatten. Lind konkluderer derfor, at for de fleste projekter vil det være rimeligt at benytte den internationale rente som diskonteringsrate - primært fordi man hermed kan sikre sig, at der kun gennemføres projekter, hvis netto-benefits kan dække samfundets låneomkostninger.

Linds argumentation understøttes af en stringent analyse i Huizinga & Nielsen (2001). De viser, at i et optimalt udviklingsforløb i en lille åben økonomi med forvridende investerings- og profitskatter bør den marginale afkast på offentlige investeringer være lig med den internationale rente. Dvs. denne rente kan altså i en række tilfælde uanset, hvorledes projektet finansieres, og uanset hvilke begrænsninger agenternes adfærd er underkastet, direkte benyttes som diskonteringsrate ved vurderingen af projekter i en lille åben økonomi.

Anbefalingen hviler imidlertid ligesom de i *kapitel 4* bestemte diskonteringsrater for en lukket økonomi på en optimalitetstilgang til fastsættelse af diskonteringsraten. Der kan altså rettes samme indvendinger mod anvendelsen af den internationale rente som diskonteringsrate, som blev rettet mod de optimumsbestemte diskonteringsrater for en lukket økonomi. Problemet med at anvende den internationale rente som diskonteringsrate er, at denne kun afspejler de korrekte opportunity costs under optimale forhold. Denne rente bør altså kun benyttes som diskonteringsrate i sammenhæng med optimumsbestemte skyggepriser. Hvis den velfærdsøkonomiske analyse tager udgangspunkt i en situation, hvor forholdene ikke er optimale, benyttes for at undgå second best problemet beregningspriser, som afspejler de faktiske marginale nytter. Det kan i så fald være inkonsistent af kombinere disse priser med den internationale rente som udtryk for den alternative afkastrate. Endelig er det muligt, at den *faktiske* alternative afkastrate er forskellig fra den internationale rente, der reelt kun repræsenterer et hypotetisk alternativafkast.

Lind er også opmærksom på, at anvendelsen af den internationale rente som diskonteringsrate afhænger af, at befolkningen handler optimalt i den forstand at markedsrenten afspejler forbrugsdiskonteringsraten. Dette kan der rejses tvivl om - jf. *kapitel 9* - og under alle omstændigheder vil det i givet fald være den individuelle forbrugsdiskonteringsrate, som er lig med markedsrenten - jf. *afsnit 3.2*. Der er som omtalt i *kapitel 3* tungtvejende argumenter for at benytte en samfundsmæssig forbrugsdiskonteringsrate i forbindelse med velfærdsøkonomiske vurderinger. Hertil kommer, at den internationale rente afspejler en budgetøkonomisk ligevægt, hvor der ikke er taget højde for eventuelle positive og negative eksterne effekter ved samfundets økonomiske aktiviteter. Endelig er der også knyttet empiriske problemer til fastsættelse af den internationale rente. Det er således vanskeligt at pege på én rente som den toneangivende internationale rente - jf. i øvrigt *afsnit 8.3*.

Optimalitetstilgangen forekommer ved at kunne pege på den internationale rente som den rette diskonteringsrate ved velfærdsøkonomisk vurdering i en lille åben økonomi at være mere praktisk håndterlig i relation til en sådan økonomi end i relation til en lukket økonomi. Den lider imidlertid fortsat under væsentlige svagheder:

- Den velfærdsøkonomiske vurdering skal gennemføres ved anvendelse af skyggepriser, der ikke er observerbare, men kræver løsning af det velfærdsøkonomiske optimeringsproblem.
- Anvendelsen af skyggepriser ved velfærdsøkonomisk vurdering uden for optimumsforløbet giver anledning til second best problemet.
- Optimalitetstilgangen benytter normalt en kriteriefunktion - nutidsværdien af forbrugsændringerne - der kan diskuteres.
- Optimalitetstilgangen skelner normalt ikke tilstrækkeligt klart mellem den individuelle og samfundsmæssige nytte- eller forbrugsdiskonteringsrate.

Sammenfattende kan man sige, at optimalitetstilgangen repræsenterer et teoretisk elegant forsøg på i én diskonteringsrate at kombinere hensynet til opportunity costs ved at gennemføre et givet projekt med hensynet til samfundets intertemporale præferencer. I praksis er det dog tvivlsomt, om tilgangen er den mest hensigtsmæssige løsning på problemet vedrørende intertemporal samfundsmæssig prioritering. Det forekommer mere hensigtsmæssigt at holde de to hensyn adskilt. Den internationale rente kan med fordel benyttes som udgangspunkt for fastsættelsen af afkastkravet til de vurderede projekter. Prioriteringen mellem de projekter, som lever op til kravet, kan efterfølgende ske ved anvendelse af forbrugsdiskonteringsraten.

I det følgende *kapitel 6* skal der omtales en tilgang, hvor de to hensyn som udgangspunkt holdes adskilt, men integreres i en enkelt diskonteringsmetode. Dette sker ved først at bestemme den netto-benefitstrøm, som i en given inoptimal situation med givne inoptimale priser, inoptimalt investeringsomfang og inoptimalt offentligt budget mistes ved at gennemføre et projekt. Efterfølgende beregnes nutidsværdien af den mistede netto-benefitstrøm ved diskontering med den samfundsmæssige forbrugsdiskonteringsrate, som også anvendes til at diskontere projektets netto-benefitstrøm. Nutidsværdien af den mistede netto-benefitstrøm pr. én kr. mistet alternativ investering kaldes forrentningsfaktoren eller skyggeprisen på kapital.

Kapitel 6 Forrentningsfaktoren på kapital (skyggeprisen på kapital)

Forrentningsfaktoren på kapital f_K er defineret som nutidsværdien af den mistede netto-benefitstrøm pr. én kr. investering. Begrebet "forrentningsfaktoren på kapital", der benyttes i Møller (1989) og Møller et al. (2000) er måske lidt uheldigt valgt, da begrebet "forrentningsfaktor" normalt også benyttes om størrelsen $(1+q)$ eller $(1+i)$ - jf. Danø (1985). I forhold til begrebet "skyggeprisen på kapital" (shadow price of capital) har det dog den fordel, at det ikke associeres med optimalitetstilgangens skyggeprisbegreb. Begrebet forrentningsfaktoren på kapital benyttes derfor også i denne rapport.

Forrentningsfaktoren på kapital indgår som en central parameter i vurderingen af et projekts fordelagtighed. Hertil er det på den ene side nødvendigt at kende den netto-benefitstrøm, projektet giver anledning til - sammenfattende udtrykt ved dets velfærdsøkonomiske afkastrate q_P . På den anden side er det også nødvendigt at kende den netto-benefitstrøm, som mistes ved at gennemføre projektet. Nutidsværdien af denne netto-benefitstrøm afhænger af, hvor stor andel a af investeringen, der indebærer en tilsvarende reduktion af andre investeringer, hvor stor andel af projektets afkast, der vil blive hhv. forbrugt $(1-s)$ og geninvesteret s , den samfundsmæssige forbrugsdiskonteringsfaktor i og forrentningsfaktoren på kapital f_K .

Fordelagtigheden af projektet kan herefter vurderes på følgende måde: Ved at gennemføre projektet mistes der i periode 1 netto-benefits svarende til $(1-a) + a \cdot f_K$. I periode 2 opnås der netto-benefits svarende til $(1+q_P) \cdot ((1-s) + s \cdot f_K)$. For at projektet skal være fordelagtigt, skal det altså gælde

$$-(1-a) - a \cdot f_K + \frac{(1+q_P) \cdot ((1-s) + s \cdot f_K)}{(1+i)} \geq 0 \Rightarrow \frac{(1+q_P)}{(1+i)} \geq \frac{1+a \cdot (f_K - 1)}{1+s \cdot (f_K - 1)}$$

Det ses altså, at kravet til det betragtede projekts afkastrate q_P både afhænger af a , s , f_K og i .

Hvis $a = s$ - dvs. den andel af investeringen, som trækkes bort fra alternative investeringer, er lig med den andel af afkastet, som geninvesteres, da bliver kravet til projektet $q_P \geq i$.

Hvis $s = 0$ og $f_K > 0$, da gælder det

$$\frac{(1+q_P)}{(1+i)} \geq 1 + a \cdot (f_K - 1) \Rightarrow q_P \geq i + a \cdot (1+i) \cdot (f_K - 1) > i$$

Afhængigt af a 's og f_K 's størrelse kan kravet til q_P i dette tilfælde, hvor projektets afkast ikke bliver geninvesteret, både være mindre og større end afkastet på den alternative investering q , der indgår i bestemmelsen af f_K - jf. nedenfor.

Hvis $a = 0$ og $f_K > 0$, da gælder det

$$\frac{(1+q_P)}{(1+i)} \geq \frac{1}{1+s \cdot (f_K - 1)} \Rightarrow 1+q_P \geq \frac{(1+i)}{1+s \cdot (f_K - 1)} < (1+i)$$

Dvs. at hvis projektet ikke berører andre investeringer, da behøver dets afkastrate end ikke at overstige forbrugsdiskonteringsraten for at være fordelagtigt.

Disse resultater, hvor kravet til et projekts afkast afhænger af, hvorledes investeringsomfanget og -sammensætningen påvirkes af projektet og dets finansiering, er helt i tråd med optimalitetstilgangens resultater - jf. afsnit 4.4. I dette tilfælde er der dog ikke tale om et krav knyttet til et optimalt udviklingsforløb, men om et krav bestemt af, hvorledes projektet faktisk forventes at påvirke adfærden i samfundet. Denne påvirkning må dog bestemmes konkret fra projekt til projekt, hvor den i optimalitetstilgangen er forudsat gennem formuleringen af den underliggende model for økonomien.

6.1 Formler for forrentningsfaktoren på kapital

6.1.1 UNIDO-formlen - den investerede kapital bevares eller forøges

Den foregående analyse viser, at forrentningsfaktoren f_K 's størrelse er helt central for bestemmelsen af et projekts fordelagtighed. Med udgangspunkt i den generelle definition på forrentningsfaktoren på kapital som nutidsværdien af den mistede netto-benefitstrøm pr. én kr. investering skal der i det følgende opstilles en række formler for f_K . Fremstillingen bygger på Dasgupta, Sen & Marglin (1972) og Lind (1982).

I formlerne indgår følgende parametre:

- q = marginale velfærdsøkonomiske forbrugsafkastrate på alternative investeringer
- i = samfundsmæssige forbrugsdiskonteringsrate
- s = geninvesteringskvote for afkast på alternative investeringer

Som udgangspunkt bestemmes nutidsværdien af den netto-benefitstrøm, som mistes ved at reducere alternative investeringer på følgende måde: I periode 1 afkaster en alternative investering på én kr. $(1+q)$. For at bevare kapitalapparatet indtækt geninvesteres umiddelbart den ene kr., og ud af afkastet q geninvesteres $s \cdot q$, således at der bliver $q \cdot (1-s)$ til rest til forbrug i denne periode. Det samlede kapitalapparat er nu $(1+s \cdot q)$. I periode 2 afkaster dette $(1+s \cdot q) \cdot (1+q)$, hvoraf $(1+s \cdot q)$ umiddelbart geninvesteres. Af den resterende del $(1+s \cdot q) \cdot q$ geninvesteres $(1+s \cdot q) \cdot q \cdot s$, mens den resterende del $(1+s \cdot q) \cdot q \cdot (1-s)$ forbruges. I periode 3 afkaster den samlede kapital på $(1+s \cdot q) + (1+s \cdot q) \cdot q \cdot s = (1+s \cdot q)^2$ i alt $(1+s \cdot q)^2 \cdot (1+q)$. Heraf geninvesteres igen umiddelbart $(1+s \cdot q)^2$ og hertil kommer $(1+s \cdot q)^2 \cdot q \cdot s$, således at kapitalen inden periode 4 er på $(1+s \cdot q)^3$. I periode 3 kan der herefter forbruges $(1+s \cdot q)^2 \cdot q \cdot (1-s)$. Og så fremdeles.

Nutidsværdien af denne forbrugsstrøm - dvs. forrentningsfaktoren på kapital f_K - kan herefter beregnes på følgende måde - jf. Møller (1989). Det forudsættes, at $s \cdot q < i$ - dvs. at geninvesteringskvoten for afkastet s er mindre end forholdet mellem forbrugsdiskonteringsfaktoren og den alternative afkastrate. Hvis dette ikke er tilfældet, og samtidig $q > i$, hvad der normalt antages, er f_K ikke defineret for en uendelig lang tidshorisont.

$$f_K = \frac{q \cdot (1-s)}{(1+i)} + \frac{(1+s \cdot q) \cdot q \cdot (1-s)}{(1+i)^2} + \frac{(1+s \cdot q)^2 \cdot q \cdot (1-s)}{(1+i)^3} + \dots + \frac{(1+s \cdot q)^{T-1} \cdot (1+q)}{(1+i)^T}$$

$$\Rightarrow (1+s \cdot q) \cdot f_K = q \cdot (1-s) \cdot \sum_{t=1}^T \frac{(1+s \cdot q)^t}{(1+i)^t} + \frac{(1+s \cdot q)^{T+1}}{(1+i)^T}$$

$$\Rightarrow f_K = \frac{q \cdot (1-s)}{(1+s \cdot q)} \cdot \frac{(1+i)^T - 1}{1 - \frac{(1+i)}{(1+s \cdot q)}} + \frac{(1+s \cdot q)^T}{(1+i)^T} = \frac{q \cdot (1-s)}{(1+s \cdot q)} \cdot \frac{(1+i)^T - 1}{(s \cdot q - i)} + \frac{(1+s \cdot q)^T}{(1+i)^T}$$

$$\Rightarrow f_K = -\frac{q \cdot (1-s)}{(s \cdot q - i)} + \frac{q \cdot (1-s)}{(s \cdot q - i)} \cdot \frac{(1+s \cdot q)^T}{(1+i)^T} + \frac{(1+s \cdot q)^T}{(1+i)^T} = \frac{q \cdot (1-s)}{(i - s \cdot q)} + \frac{(1+s \cdot q)^T}{(1+i)^T} \cdot \left(\frac{q \cdot (1-s)}{(s \cdot q - i)} + 1 \right)$$

$$= \frac{q \cdot (1-s)}{(i - s \cdot q)} - \frac{(1+s \cdot q)^T}{(1+i)^T} \cdot \frac{q-i}{i - s \cdot q} = \frac{q \cdot (1-s)}{(i - s \cdot q)} \cdot \left(1 - \frac{(1+s \cdot q)^T}{(1+i)^T} \right) + \frac{(1+s \cdot q)^T}{(1+i)^T}$$

Tabel 6.1 Formler for forrentningsfaktoren på kapital f_K

Hvis tidshorizonten er T og $s > 0$ (generel formel)	$f_K = \frac{q \cdot (1-s)}{(i-s \cdot q)} \cdot \left(1 - \frac{(1+s \cdot q)^T}{(1+i)^T} \right) + \frac{(1+s \cdot q)^T}{(1+i)^T}$
Hvis $T \rightarrow \infty$ og $s > 0$	$f_K = \frac{q \cdot (1-s)}{(i-s \cdot q)}$
Hvis tidshorizonten er T og $s = 0$	$f_K = \frac{q}{i} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+i)^T} \right) + \frac{1}{(1+i)^T}$
Hvis $T \rightarrow \infty$ og $s = 0$	$f_K = \frac{q}{i}$
Hvis tidshorizonten er T og $s = 1$ (ikke defineret for $T \rightarrow \infty$ og $s = 1$)	$f_K = \frac{(1+q)^T}{(1+i)^T}$

Ud fra denne generelle formel for f_K kan der udledes en række specifikke formler under forskellige antagelser om tidshorizonten T og geninvesteringskvoten s . Disse formler er sammenfattet i *tabel 6.1*.

I Møller et al. (2000) s. 141 er der kun gengivet én formel for f_K - nemlig

$$f_K = \frac{q}{i} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+i)^T} \right)$$

I denne formel er afkastet q opgjort før afskrivninger, afkastet antages forbrugt periode for periode, og det antages, at kapitalen er helt afskrevet ved udgangen af periode T . Disse antagelser er diskutabile og indebærer, at f_K for kortere tidshorisonter er mindre end én. I et efterfølgende notat "Forrentningsfaktoren og diskontering - supplement til "Samfundsøkonomisk vurdering af projekter", 15. august 2001 argumenteres der derfor for at benytte den ovenfor udledte formel for en endelig tidshorizont T og geninvesteringsraten $s = 0$ - jf. *tabel 6.1*

$$f_K = \frac{q}{i} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+i)^T} \right) + \frac{1}{(1+i)^T}$$

hvor det antages, at kapitalen er bevaret intakt ved udgangen af periode T . Derfor suppleres den oprindelige formel med udtrykket $\frac{1}{(1+i)^T}$.

Som det fremgår af formlerne i *tabel 6.1* repræsenterer denne formel imidlertid også et specialtilfælde. Det er altså særdeles vigtigt, når en specifik formel for f_K anvendes som udtryk for nutidsværdien af det alternative afkast ved at investere én kr., at man gør sig klart, hvilke antagelser om geninvesteringsadfærden og bevarelsen af den investerede kapital der ligger til grund for den pågældende formel. I det følgende præsenteres en

alternativ formel for f_K , hvor afskrivningsproblematikken behandles på en anden måde end i den generelle formel.

6.1.2 Annuitetsbaseret formel - den investerede kapital forbruges

De i afsnit 6.1.1 opstillede formler bygger på en antagelse om, at den betragtede investering periode for periode afkaster netto-benefits svarende til $(1+q)$. Heraf geninvesteres mindst netto-benefits på én, således at den investerede kapital bevares. Da afkastet $(1+q)$ må opfattes som investeringens brutto-afkast, fortolkes afkastraten q derfor bedst som en *netto-afkastrate* opgjort efter fratræk af eventuelle afskrivninger. Disse dækkes ind gennem geninvesteringskravet.

Der er altså ved udledningen af formlerne i 6.1.1 lagt en særlig afkast- og geninvesteringsprofil til grund for beregningen. Frem for at antage, at afkastet år for år er $(1+q)$, hvoraf én geninvesteres, så kapitalen bevares, kan man også antage, at hele investeringens afkast falder i form af en række annuiteter, der dækker såvel afskrivninger som *netto-afkastraten* på q - dvs. efter fratræk af afskrivninger. Med tidshorisonten T kan annuiteten bestemmes ved kapitalindvindingsfaktoren $\alpha(q,T) = \frac{q}{(1-(1+q)^{-T})}$ - jf. kapitel 7. Hvis dette årlige

afkast endvidere antages at blive forbrugt, således at kapitalen er opbrugt ved udgangen af år T , kan forrentningsfaktoren på kapital f_K beregnes som

$$f_K = \sum_{t=1}^T \frac{\frac{q}{(1-(1+q)^{-T})}}{(1+i)^t} = \frac{q}{(1-(1+q)^{-T})} \cdot \frac{1}{i} \cdot (1-(1+i)^{-T}) = \frac{q}{i} \cdot \left(\frac{1-(1+i)^{-T}}{1-(1+q)^{-T}} \right)$$

Med denne formel antages hele afkastet at blive forbrugt periode for periode - dvs. både det af q bestemte netto-afkast og den del af annuiteten, som dækker afskrivningerne. Når det antages, at $q > i$, gælder det, at $f_K > 1$ for alle værdier af T .

For $T = 1$ gælder det således

$$f_K = \frac{q}{i} \cdot \frac{1-(1+i)^{-1}}{1-(1+q)^{-1}} = \frac{q}{i} \cdot \frac{i}{(1+i)} \cdot \frac{(1+q)}{q} = \frac{(1+q)}{(1+i)} > 1$$

og for $T \rightarrow \infty$ da vil $f_K \rightarrow \frac{q}{i} > 1$

Det sidstnævnte resultat svarer til det resultat, der i afsnit 6.1.1 blev opnået ved en uendelig tidshorisont og en antagelse om, at kapitalen bliver bevaret, men ikke forøget, dvs. $s = 0$. Spørgsmålet om kapitalens bevarelse er altså uden betydning for f_K , når der anlægges en uendelig lang tidshorisont. Dette resultat er intuitivt

forståeligt, når det betænkes, at $\frac{1}{(1+i)^T} \rightarrow 0$ for $T \rightarrow \infty$.

For alle andre tidshorisonter $T > 1$, har antagelsen om kapitalens bevarelse derimod betydning for f_K 's størrelse.

$$\frac{q}{i} \cdot \left(\frac{1-(1+i)^{-T}}{1-(1+q)^{-T}} \right) < \frac{q}{i} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+i)^T} \right) + \frac{1}{(1+i)^T}$$

Hvis man i den annuitetsbaserede f_K -formel ønsker at indlægge en forudsætning om, at kapitalen bevares, er det nødvendigt nærmere at specificere, hvorledes dette sker gennem geninvestering af brutto-afkastet. Den

mest naturlige antagelse vil dog være, at det er den implicitte afskrivningsdel af annuiteten, der løbende geninvesteres. Under denne antagelse kan f_K beregnes ved brug af formlen fra *afsnit 6.1.1*.

Spørgsmålet er herefter, hvilken formel for f_K der bør foretrækkes i en konkret projektvurderingssituation. Ved besvarelsen af dette spørgsmål kan man skelne mellem to situationer:

1. Hvis det betragtede projekt vurderes over en endelig tidshorizont T , og det i projektet anvendte kapitalapparat antages at være fuldt afskrevet ved udgangen af dette år, forekommer det mest rimeligt at benytte den f_K -formel, hvor også alternativinvesteringens kapital antages opbrugt i projektvurderingsperioden. Hermed stilles de to projekter lige i vurderingsmæssig henseende. Hvis der imidlertid er en klar formodning om, at alternativinvesteringens kapital bevares, da bør man selv sagt anvende den hertil svarende f_K -formel.
2. Hvis det betragtede projekt vurderes over en endelig tidshorizont T , og der år for år anvendes ressourcer på at vedligeholde og bevare den benyttede kapital, således at dennes værdi er opretholdt ved udgangen af år T , forekommer det mest rimeligt at gøre en tilsvarende antagelse med hensyn til alternativinvesteringen. Hermed stilles de to projekter lige i vurderingsmæssig henseende.

Det er antageligt i de fleste situationer mest hensigtsmæssigt at formulere projektvurderingssituationen svarende til situation 2. Det betragtede projekt opfylder en given funktion, som i mange tilfælde må antages også at skulle opfyldes efter udgangen af den anlagte tidshorizont. Der bør i vurderingen af projektet tages højde for dette, hvilket sker ved også at indarbejde vedligeholdelsesomkostningerne heri. Herved kan man med rimelighed antage at projektets kapital forbliver intakt. Der vil formentlig ved udgangen af projektperioden foreligge en anden og mere effektiv teknologi til opfyldelse af den ønskede funktion; men en tilsvarende teknologisk udvikling vil formentlig også finde sted for så vidt angår de alternative investeringsmuligheder. Det afgørende er alene, at mulighederne for at opfylde projektets og alternativinvesteringernes funktioner begge antages at blive bevaret.

6.1.3 Netto-afkastrate eller brutto-afkastrate

I de i *afsnit 6.1.1* og *6.1.2* opstillede formler fortolkes afkastraten q som en *netto-afkastrate* - dvs. en afkastrate efter fratræk af afskrivninger. Dette skyldes, afskrivningsdelen af de samlede årlige afkast så at sige erhverves ud over det til afkastraten knyttede afkast. I formlerne i *afsnit 6.1.1* sker dette ved, at der årligt erhverves et samlet afkast på $(1+q)$, mens det i formlen i *afsnit 6.1.2* sker ved, at der årligt erhverves en annuitet, som både dækker netto-afkastet og afskrivningerne.

I praksis kan det imidlertid tænkes, at man i visse tilfælde kun har oplysning om den alternative *brutto-afkastrate*. Spørgsmålet er, hvorledes brutto-afkastraten behandles i relation til fastsættelsen af forrentningsfaktoren på kapital f_K , hvis det ikke er muligt at korrigere denne med en kendt afskrivningsrate.

Problemstillingen er vanskelig at håndtere tilfredsstillende. Når man ikke kender afskrivningsraten, er det nemlig heller ikke muligt at angive, hvor mange år den givne brutto-afkastrate kan oppebæres. Dette er nødvendigt for at kunne bestemme f_K på en rimelig måde. Man kan således ikke blot direkte benytte formlen

$$f_K = \sum_{t=1}^T \frac{q}{(1+i)^t} = \frac{q}{i} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+i)^T} \right)$$

For små værdier af T bliver $f_K < 1$, selvom brutto-afkastraten q må antages at være betydeligt større end forbrugsdiskonteringsraten i , hvis afkastraten inden for en overskuelig tidshorizont skal tjene den investerede kapital ind med en rimelig forrentning. Problemet er, at formlen ikke kan benyttes ved varierende tidshorisonter T for forskellige projekter. En given brutto-afkastrate afspejler en given afskrivningshorizont, og hvis det vurderede projekts tidshorizont er en anden end denne, må f_K -formlen justeres med et udtryk for værdien af den resterende kapital. Denne justering kan ikke foretages på en fornuftig måde, når levetiden på alternativinvesteringen med brutto-afkastraten q ikke er kendt.

Dette taler for at bestemme størrelsen af f_K på grundlag en alternativ *netto-afkastrate* - i værste fald en rate, der er baseret på et groft skøn ud fra viden om brutto-afkastraten.

6.1.4 Alternative formler - afkast i år 0

Ved opstillingen af de i afsnit 6.1.1 og 6.1.2 angivne f_K -formler antages det, at det årlige afkast erhverves fra år 1. Man kan beregne tilsvarende formler, hvor afkastet antages allerede at blive erhvervet fra år 0. Den generelle f_K -formel kan udledes på følgende måde - argumentationen herfor svarer fuldstændig til den, der blev givet i afsnit 6.1.1

$$f_{K0} = q \cdot (1-s) + \frac{(1+s \cdot q) \cdot q \cdot (1-s)}{(1+i)} + \frac{(1+s \cdot q)^2 \cdot q \cdot (1-s)}{(1+i)^2} + \dots + \frac{(1+s \cdot q)^T \cdot (1+q)}{(1+i)^T}$$
$$\Rightarrow f_{K0} = q \cdot (1-s) \cdot \sum_{t=0}^T \frac{(1+s \cdot q)^t}{(1+i)^t} = \frac{q \cdot (1-s)}{i-s \cdot q} \cdot (1+i) \cdot \left(1 - \frac{(1+s \cdot q)^{T+1}}{(1+i)^{T+1}} \right)$$

hvor f_{K0} angiver, at investeringen også giver afkast i år 0. Denne formel adskiller sig selvsagt fra f_K -formlen i afsnit 6.1.1

$$f_K = \frac{q \cdot (1-s)}{(i-s \cdot q)} \cdot \left(1 - \frac{(1+s \cdot q)^T}{(1+i)^T} \right) + \frac{(1+s \cdot q)^T}{(1+i)^T}$$

Des ses imidlertid, at hvis $s = 0$ og $T \rightarrow \infty$, da er som forventet

$$f_{K0} = \frac{q}{i} \cdot (1+i) = q + \frac{q}{i} = q + f_K$$

idet der nu også kan forbruges q i år 0.

Formlen f_{K0} kan anvendes i forbindelse med projekter, der antages også at give afkast i år 0. Herved bliver det muligt at stille selve projektet og alternativinvesteringen på lige fod, hvis det i øvrigt anses for realistisk, at den sidstnævnte også giver afkast i år 0. Man bør være opmærksom på, at man ved en eventuel omregning af investeringens værdi til annuiteter herefter skal benytte kapitalindvindingsfaktoren, hvor annuiteten starter i år 0 - jf. kapitel 7.

6.2 Diskontering med forrentningsfaktoren på kapital

Diskontering ved brug af forrentningsfaktoren på kapital er fleksibel i den forstand, at der kan tages hensyn til forskellige antagelser om projektets indirekte konsekvenser for opsparings- og investeringsomfanget i samfundet. Beregningen af projektets nutidsværdi W sker således på følgende måde

$$W = -I_0 \cdot a - I_0 \cdot (1-a) \cdot f_K + \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

hvor I_0 er projektets investeringsudgift i år 0, og a er den andel heraf, som giver anledning til en forbrugsbegrænsning og dermed til et direkte tab af netto-benefits. Andelen $(1-a)$ fører til en reduktion af alternative investeringer. Denne andel multipliceres med forrentningsfaktoren f_K for at opnå et udtryk for nutidsværdien af de alternative netto-benefits, som mistes ved tabet af de alternative investeringers afkast. B_t og C_t repræsenterer som hidtil værdien af benefits og costs i hvert år t . Disse årlige netto-benefits diskonteres med forbrugsdiskonteringsraten i .

Anvendelsen af denne diskonteringsmetode kræver for at beregne f_K både kendskab til den alternative afkaststrate q , forbrugsdiskonteringsraten i samt en eventuel geninvesteringsskvote s - jf. afsnit 6.1.1. Det er vigtigt, at den anvendte værdi for f_K er beregnet for den samme tidshorisont T , som i øvrigt anlægges ved projektvurderingen. Det er som tidligere omtalt to netto-benefitstrømme som ønskes sammenlignet - projektets og alternativinvesteringens - og de skal selvsagt sammenlignes for den samme tidshorisont, jf. kapitel 7.

Umiddelbart synes det vanskeligere at diskontere med forrentningsfaktoren f_K og forbrugsdiskonteringsraten i frem for direkte med den alternative afkastrate q . Anvendelsen af forrentningsfaktoren på kapital kræver, at projektets investeringsudgift I_0 specificeres i forhold til de øvrige netto-benefits ($B_t - C_t$) hvilket kan være vanskeligt i praksis. Hvad er investeringsudgift, og hvad er drifts- og vedligeholdelsesudgifter. Vanskeligheden er dog kun tilsyneladende, idet det ved diskontering med den alternative afkastrate implicit antages, at alle udgifter i år nul er investeringsudgifter, der ville være blevet investeret på alternativ måde - jf. afsnit 4.1 og 4.2. Ved at anvende forrentningsfaktoren i forbindelse med diskonteringen bliver denne derimod mere fleksibel, i den forstand at der gennem fastsættelsen af andelen a kan gøres specifikke forudsætninger med hensyn til, i hvor høj grad alternative investeringer påvirkes af projektet. I forhold til diskonteringen med den alternative afkastrate er der altså tale om en væsentlig mere nuanceret tilgang til diskonteringen.

Anvendelsen af forrentningsfaktoren kræver imidlertid, at der både tages stilling til størrelsen af den alternative afkastrate q , af forbrugsdiskonteringsraten i og ikke mindst af forbrugsreduktionsandelen a - samt geninvesteringkvoten s . Dette gør trods alt denne fremgangsmåde vanskeligere at anvende i praksis; men til gengæld ligger den også tættere på den egentlige sammenligning af to faktiske netto-benefitstrømmes nutidsværdier, som må anses for den fundamentalt set mest korrekte tilgang til diskonteringsproblemstillingen - jf. kapitel 1.

Ligesom ved second best tilgangen til fastsættelsen af diskonteringsraten - jf. afsnit 4.4 - er det også ved anvendelsen af forrentningsfaktoren på kapital nødvendigt at vide, hvorledes den offentlige og den private sektors investeringer påvirkes af projektet og dets finansiering. I praksis foreligger der sjældent en sådan viden. Derfor antages normalt som udgangspunkt, at $a = 0$, dvs. at investeringen i projektet giver anledning til en tilsvarende reduktion af alternative investeringer - jf. de praktiske eksempler i Møller et al. (2000). Hermed gøres altså samme forudsætning som ved diskontering med q ; men de to diskonteringsmetoder fører dog ikke af denne grund til samme resultater. Ved at "belaste" projektets investeringsudgift med f_K og samtidig diskontere de fremtidige netto-benefits med den forholdsvis lave forbrugsdiskonteringsrate i , vil kortere varende projekter opnå en relativt lavere og længere varende projekter en relativt højere nutidsværdi i forhold til, hvis der diskonteres med den forholdsvis høje afkastrate q - jf. kapitel 8.

Man kan endelig spørge, om det ikke fører til samme resultat, hvadenten man benytter second best tilgangens vægtede gennemsnit af i og q som diskonteringsrate, eller benytter kombinationen af f_K og i i forbindelse med diskonteringen. Dette spørgsmål behandles i det følgende afsnit.

6.3 Diskonteringsraten som et gennemsnit af forbrugsdiskonteringsraten og den alternative afkastrate

I afsnit 4.4 blev det vist, at i et second best optimumsforløb bør offentlige investeringer opfylde et afkastkrav, der kan formuleres som et vægtet gennemsnit af forbrugsdiskonteringsraten i og den alternative marginale afkastrate før skat q . Vægtene bestemtes af projektets konsekvenser for det øvrige forbrug og investeringer i samfundet. Med notationen fra afsnit 6.2 kan disse vægte benævnes hhv. a for den andel af projektets investeringssum, der afstedkommer en reduktion i forbruget, og $(1 - a)$ for den andel, der afstedkommer en reduktion i investeringerne. Benævnes afkastkravet ω , har man altså

$$\omega = a \cdot i + (1 - a) \cdot q$$

Hvis man anlægger en uendelig tidshorisont, og det vurderede projekt har en investeringsudgift på I_0 samt har faste årlige netto-benefits $B - C$, kan nutidsværdien af projektets netto-benefits W opgøres som

$$W = -I_0 + \frac{B - C}{\omega}$$

For det marginale projekt skal det altså gælde

$$W \geq 0 \Rightarrow \frac{B - C}{\omega} \geq I_0$$

Anvender man i stedet den simple forrentningsfaktor $f_K = \frac{q}{i}$ i forbindelse diskonteringen, skal det marginale projekt opfylde betingelsen

$$W \geq 0 \Rightarrow \frac{B-C}{i} \geq a \cdot I_0 + (1-a) \cdot I_0 \cdot \frac{q}{i} \Rightarrow \frac{B-C}{a \cdot i + (1-a) \cdot q} = \frac{B-C}{\omega} \geq I_0$$

altså akkurat den samme betingelse, som hvis den vægtede diskonteringsrate ω bliver benyttet som marginalt afkastkrav til offentlige projekter - jf. Sjaastad & Wisecarver (1977) og Palmon (1992). Dette resultat har dannet grundlag for en generel anbefaling om at benytte en vægtet sum af forbrugsdiskonteringsraten i og den marginale alternative afkastrate q som diskonteringsrate ved vurderingen af offentlige projekter - se fx Harberger (1972).

Som det også anføres i Sjaastad & Wisecarver (1977) gælder resultatet imidlertid kun, såfremt der anlægges en uendelig tidshorisont. Hertil kommer, at de to diskonteringsmetoder under alle omstændigheder vil føre til beregningen af forskellige nutidsværdier. I de to ovenstående eksempler gælder det således

$$W(\omega) = \frac{B-C}{\omega} - I_0 \neq \frac{B-C}{i} - I_0 \cdot (a + (1-a) \cdot \frac{q}{i}) = \frac{B-C}{i} - I_0 \cdot \frac{\omega}{i} = W(f_K, i) = \frac{\omega}{i} \cdot W(\omega)$$

hvor $W(\omega)$ er nutidsværdien beregnet ved brug af den vægtede diskonteringsrate ω , og $W(f_K, i)$ er nutidsværdien beregnet ved brug af forrentningsfaktoren f_K og forbrugsdiskonteringsraten i .

Ved en endelig tidshorisont T har man

$$W(\omega) = \sum_{t=1}^T \frac{B-C}{(1+\omega)^t} - I_0$$

og

$$\begin{aligned} W(f_K, i) &= \sum_{t=1}^T \frac{B-C}{(1+i)^t} - I_0 \cdot (a + (1-a) \cdot f_K) \\ &= \sum_{t=1}^T \frac{B-C}{(1+i)^t} - I_0 \cdot \left(a + (1-a) \cdot \left(\frac{q}{i} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+i)^T} \right) + \frac{1}{(1+i)^T} \right) \right) \\ &= \sum_{t=1}^T \frac{B-C}{(1+i)^t} - I_0 \cdot \frac{1}{i} \left(a \cdot i + (1-a) \cdot q - \frac{1}{(1+i)^T} \cdot ((1-a) \cdot q - (1-a) \cdot i) \right) \\ &= \sum_{t=1}^T \frac{B-C}{(1+i)^t} - I_0 \cdot \left(\frac{\omega}{i} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+i)^T} \right) + \frac{1}{(1+i)^T} \right) \end{aligned}$$

Det ses heraf, at for så vidt angår nutidsværdien af de årlige netto-benefits bidrager denne isoleret set til at $W(f_K, i)$ bliver større end $W(\omega)$, fordi $\omega > i$; men da nutidsværdien af investeringsudgiften også er større ved beregningen af $W(f_K, i)$ end ved beregningen af $W(\omega)$, bidrager dette isoleret set til, at $W(f_K, i)$ bliver mindre end $W(\omega)$. Størrelsesforholdet mellem disse to nutidsværdier afhænger fuldstændig af tidshorisonten T , størrelsesforholdet mellem de årlige netto-benefits $(B - C)$ og investeringsudgiften I_0 samt af q, i og a .

Hvis fx $i = 0,03$, $q = 0,06$ og dermed $\omega = 0,054$, hvis $a = 0,2$, da vil med en tidshorison på $T = 10$ og en investeringsudgift på 10 mio. kr.

- $W(\omega) > W(f_K, i)$ for $(B - C) < 2,14$ mio. kr.

- $W(\omega) < W(f_K, i)$ for $(B - C) > 2,14$ mio. kr.

I *kapitel 8* opstilles beregninger, der illustrerer forskellen mellem de to diskonteringsmetoder.

Det er selvsagt muligt for enhver tidshorison T at bestemme en vægtet diskonteringsrate, der fører til beregningen af den samme nutidsværdi, som anvendelsen af forrentningsfaktoren på kapital og forbrugsdiskonteringsraten. En sådan fremgangsmåde må dog anses for upraktisk i forhold til anvendelsen af den forrentningsfaktorbaserede metode. Når hertil lægges de i *afsnit 4.3* anførte argumenter mod at anvende en vægtet diskonteringsrate udledt fra et second best optimumsforløb, må det konkluderes, at anvendelse af en vægtet diskonteringsrate er en uhensigtsmæssig løsning af diskonteringsproblemstillingen.

6.4 Sammenfatning

Der er i dette kapitel præsenteret en diskonteringsmetode, hvor hensynet til de alternative afkastmuligheder indarbejdes i projektvurderingen gennem bestemmelsen af nutidsværdien af den mistede alternative netto-benefitstrøm. Denne nutidsværdi udtrykkes i forrentningsfaktoren på kapital f_K , der afhænger af den alternative forbrugsafkastrate q , forbrugsdiskonteringsraten i og geninvesteringskvoten for de opnåede afkast.

Diskontering ved brug af forrentningsfaktoren på kapital kan opfattes som et kompromis mellem direkte diskontering med den alternative afkastrate og en egentlig specificering af den alternative netto-benefitstrøm, som efterfølgende vurderes helt på linie med de betragtede projekter ved brug af forbrugsdiskonteringsfaktoren. Ved direkte diskontering med den alternative afkastrate undersøges, om projekterne opfylder det alternative afkastkrav; men til prioritering mellem projekterne er denne fremgangsmåde ikke velegnet. Anvendelsen af forrentningsfaktoren på kapital råder bod herpå, ved at være baseret på en specifikation af den alternative netto-benefitstrøm, som projekterne skal sammenlignes med. Denne specifikation er imidlertid også af tvivlsom værdi. For det første er det som omtalt meget vanskeligt i praksis at opstille den faktiske netto-benefitstrøm, som mistes, og for det andet kan specifikationen af den alternative netto-benefitstrøm vise sig at være overflødig - i hvert fald for en lille åben økonomi som den danske.

Hvis det antages, at der på det internationale kapitalmarked kan opnås en afkastrate svarende til den internationale rente r , kan der gennem diverse låne- og udlånsarrangementer formuleres uendelig mange alternative netto-benefitstrømme, der alle opfylder et afkastkrav på r . Projekter bør derfor under alle omstændigheder for at blive accepteret opfylde dette krav, og det er derfor ikke nødvendigt at specificere den alternative netto-benefitstrøm nærmere. Prioriteringen mellem de accepterede projekter med hver deres tidsprofil, bør dog ske på basis af diskontering med forbrugsdiskonteringsraten.

Hvis man udelukkende baserer prioriteringen på diskontering med den alternative afkastrate - det være sig q eller r - vil prioriteringen alene afspejle projekternes potentielle afkastskabelse. Der ses bort fra tidsprofilerne for deres faktiske netto-benefitstrømme, idet disse antages suppleret med diverse lånearrangementer, som omfordeler netto-benefits over tid. At noget sådant faktisk vil finde sted, må anses for tvivlsomt. Derfor anbefales det at prioritere projekterne på grundlag af deres faktiske netto-benefitstrømme og ikke på grundlag af deres potentielle strømme.

Kapitel 7 Sammenligning af projekter med forskellig tidshorisont og annuise- ring

I de foregående kapitler er der diskuteret en række forskellige diskonteringsmetoder med hertil hørende diskonteringsrater. Hensigten med at anvende disse metoder er at beregne nutidsværdien af et projekts netto-benefitstrøm. Nutidsværdien kan i sagens natur beregnes for alle tidshorisonter $T > 0$. Hvilken tidshorisont, der bør vælges afhænger fuldstændig af det enkelte projekts karakter. Et projekt, der indebærer anvendelsen af fast realkapital med en vis økonomisk levetid, kan som udgangspunkt vurderes for en tidshorisont svarende til denne levetid - jf. i øvrigt *kapitel 10*. Projekter, der repræsenterer en mere varig omallokering af samfundets ressourcer - fx naturgenopretningsprojekter - vurderes bedst over en meget lang eller endog uendelig lang tidshorisont. Det er under alle omstændigheder særligt væsentligt ved præsentationen af et projekts nutidsværdi ikke alene at angive den anvendte diskonteringsmetode og -rate, men også den anlagte tidshorisont.

7.1 Valg af fælles tidshorisont ved sammenligning af flere projekters nutidsværdi

Spørgsmålet om valg af tidshorisont tilføjes en yderligere dimension, når projektvurderingen omfatter sammenligning af to eller flere projekter med forskellig tidshorisont. Der kan fx være tale om at sammenligne to eller flere forskellige affaldshåndteringsteknologier, hvor de involverede typer af realkapital har forskellig levetid. Idet man ønsker at vælge den teknologi, som løser affaldshåndteringsproblemet til færrest mulige velfærdsøkonomiske omkostninger, bør sammenligningen og valget baseres på nutidsværdien af de forskellige teknologiers omkostninger. For at kunne foretage en korrekt sammenligning er det imidlertid afgørende, at nutidsværdierne beregnes for *den samme fælles tidshorisont*. I sidste ende er det de forskellige løsningskonsekvenser, som søges sammenlignet, og en sådan sammenligning er i sagens natur kun rimelig, hvis konsekvenserne iagttages inden for den samme periode.

Problemet er altså at vælge en fælles tidshorisont for alle de projekter, som ønskes sammenlignet. Der er følgende muligheder:

- Beregne projekternes nutidsværdi for en endelig tidshorisont svarende til den, som det kortest levende projekt har. De øvrige projekters nutidsværdi omfatter derfor i dette tilfælde også værdien af deres realkapital ved periodens udløb.
- Beregne projekternes nutidsværdi for en endelig tidshorisont, der svarer til den mindste fælles nævner af projekternes tidshorisonter. Hvert projekts nutidsværdi omfatter i dette tilfælde én eller flere gentagelser af det pågældende projekt.
- Beregne projekternes nutidsværdi for en uendelig tidshorisont. Hvert projekts nutidsværdi beregnes i dette tilfælde under en antagelse om en uendelig gentagelse af projekterne.
- Beregne hvert projekts nutidsværdi for det pågældende projekts tidshorisont og efterfølgende ved annuise- ring omregne denne til en årlig netto-benefit for denne tidshorisont. Disse årlige netto-benefits kan direkte sammenlignes projekterne imellem. Sammenligningen af årlige netto-benefits kan reelt strække sig over et vilkårligt antal år, og i så fald antages implicit én eller flere gentagelser af projekterne.

Den førstnævnte metode kan selvsagt generaliseres til at vælge en vilkårlig fælles endelig tidshorisont og beregne hvert projekts nutidsværdi for denne horisont ved også at inddrage værdien af et eventuelt ikke fuldt nedskrevet realkapitalapparat ved tidshorisontens slutning - den såkaldte *scrapværdi*. Hvis den fælles tidshorisont er tilstrækkelig lang, kan hvert projekt udmærket omfatte en eller flere gentagelser af projektet. Metoden forudsætter under alle omstændigheder, at scrapværdierne kendes, og dette er også metodens svaghed. I praksis er det meget vanskeligt at fastsætte værdien af et brugt rensningsanlæg, en erhvervsbygning, et trafikkanlæg osv. efter et givet antal år.

Derfor forekommer den anden metode at være mere farbar. Der skal ikke tages stilling til størrelsen af en eventuel scrapværdi. Til gengæld kan den fælles tidshorisont - den mindste fælles nævner - blive ganske lang. Dette er en svaghed - ikke alene, fordi beskrivelsen af projekternes konsekvenser vanskeliggøres, jo længere ude i fremtiden de finder sted, men også fordi man ved denne metode kan blive nødt til at antage, at en række af projekterne bliver gentaget flere gange. Dette er i de fleste tilfælde ikke en særligt realistisk antagelse. På grund af den teknologiske udvikling vil det fx være urealistisk at antage, at energi- eller affalds-

håndteringsprojekter vil blive gentaget gang på gang i fremtiden. Hermed undertrykkes også implicit den fordel kortere varende projekter eventuelt kan have ved at være mere fleksible i udskiftningsmæssig henseende. Omvendt er det næppe praktisk muligt at forudsige de fremtidige teknologiske muligheder tilstrækkeligt præcist til at kunne opstille et egentligt realistisk netto-benefitforløb for en meget lang årrække.

Disse argumenter taler også mod den tredje mulighed, hvor en uendelig tidshorizont antages som den fælles horisont. I visse tilfælde er det dog nødvendigt at anlægge en meget lang tidshorizont. Dette er typisk tilfældet, når projekterne indebærer en forventet permanent ændring i arealanvendelsen, sådan som det normalt er tilfældet i forbindelse med skovrejsnings- og andre naturprojekter. Disse projekters benefits optræder ofte først i fuldt omfang på langt sigt. Til gengæld er deres netto-benefits måske ikke i samme grad følsomme over for teknologiske ændringer, hvorfor antagelsen om en uendelig gentagelse af projekterne måske ikke er så urealistisk i disse tilfælde som i andre.

Den fjerde mulighed for at sammenligne projekter med forskellig tidshorizont er at beregne det enkelte projekts nutidsværdi for det pågældende projekts tidshorizont og derefter gennem annuisering omregne denne til et fast årlig netto-benefitstrøm. Denne mulighed omtales i det følgende afsnit sammen med *kapitalindvindingsfaktoren*, som benyttes til at beregne de faste årlige netto-benefits.

7.2 Annuisering - kapitalindvindingsfaktoren

Omsætningen af et projekts nutidsværdi til faste årlige netto-benefits er relevant i to sammenhænge:

- For at kunne sammenligne nutidsværdien af projekter med forskellig tidshorizont
- For at kunne beregne de årlige velfærdsøkonomiske netto-omkostninger for at opnå en årlig miljøgevinst - fx de samlede årlige omkostninger ved at installere et svovlrensingsanlæg på et kraftværk og derigennem opnå en årlig reduktion i SO₂-emissionerne.

Disse to sammenhænge er i øvrigt indbyrdes snævert relateret. Én af begrundelserne for at beregne den årlige omkostningseffektivitet for reduktion af SO₂-emissionerne kan netop være, at man ønsker at sammenligne flere forskellige reduktionsmuligheder med hver deres levetid.

Et projekts nutidsværdi $W(T)$ over tidshorizonten T beregnes som omtalt på følgende måde

$$W(T) = -I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

De årlige netto-benefits $B_t - C_t$ antages at udtrykke ændringer i forbrugsværdier, Derfor diskonteres der med forbrugsdiskonteringsraten i . Den angivne nutidsværdi kan omregnes til en fast årlig netto-benefit $B - C$ ved brug af *kapitalindvindingsfaktoren* $\alpha(i, T)$, som er defineret på følgende måde

$$1 = \frac{\alpha(i, T)}{(1+i)} + \frac{\alpha(i, T)}{(1+i)^2} + \dots + \frac{\alpha(i, T)}{(1+i)^{T-1}} + \frac{\alpha(i, T)}{(1+i)^T}$$

$$\Rightarrow (1+i) = \alpha(i, T) + \frac{\alpha(i, T)}{(1+i)} + \dots + \frac{\alpha(i, T)}{(1+i)^{T-2}} + \frac{\alpha(i, T)}{(1+i)^{T-1}}$$

$$\Rightarrow i = \alpha(i, T) - \frac{\alpha(i, T)}{(1+i)^T} \Rightarrow \alpha(i, T) = \frac{i}{\left(1 - \frac{1}{(1+i)^T}\right)}$$

Man har altså $B - C = \alpha(i, T) \cdot W(T)$ og dermed

$$W(T) = -I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{B - C}{(1+i)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{\alpha(i, T) \cdot W(T)}{(1+i)^t}$$

Det ses, at for $T \rightarrow \infty$ da vil $\alpha(i, T) \rightarrow i$.

I dette tilfælde er annuiteten beregnet for år 1 til år T . I andre tilfælde kan man være interesseret i at fordele nutidsværdien, således at de faste årlige netto-benefits også antages at blive modtaget i år 0 - fx hvis den netto-benefitstrøm, der ønskes annuiseret, starter med en investeringsudgift i år 0. I så fald kan der benyttes en kapitalindvindingsfaktor $\alpha(i, 0, T)$, der kan bestemmes på følgende måde:

$$1 = \alpha(i, 0, T) + \frac{\alpha(i, 0, T)}{(1+i)} + \frac{\alpha(i, 0, T)}{(1+i)^2} + \dots + \frac{\alpha(i, 0, T)}{(1+i)^{T-1}} + \frac{\alpha(i, 0, T)}{(1+i)^T}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{(1+i)} = \frac{\alpha(i, 0, T)}{(1+i)} + \frac{\alpha(i, 0, T)}{(1+i)^2} + \dots + \frac{\alpha(i, 0, T)}{(1+i)^T} + \frac{\alpha(i, 0, T)}{(1+i)^{T+1}}$$

$$\Rightarrow \frac{i}{(1+i)} = \alpha(i, 0, T) - \frac{\alpha(i, 0, T)}{(1+i)^{T+1}} \Rightarrow \alpha(i, 0, T) = \frac{i}{\left(1+i - \frac{1}{(1+i)^T}\right)}$$

Det ses, at for $T \rightarrow \infty$ da vil $\alpha(i, 0, T) \rightarrow \frac{i}{(1+i)}$.

Annuisering kan som nævnt i nogle tilfælde være en god løsning, hvis man ønsker at sammenligne projekter med forskellig levetid. Man bør dog være opmærksom på, at det ved annuiseringen også implicit antages, at der sker en identisk gentagelse projekterne inden for den anlagte tidshorisont - dette uanset om denne er endelig eller uendelig.

7.3 Annuisering af kapitalomkostninger beregnet ved brug af forrentningsfaktoren på kapital

Annuisering kan selvfølgelig være relevant, uanset hvilken diskonteringsmetode der anvendes, og anvendelsen af de angivne kapitalindvindingsfaktorer er uafhængig af den valgte metode. I en del tilfælde er projektets årlige netto-benefits tilnærmelsesvist konstante - fx ved omlægning af et opdyrket areal til brak - og det er kun dets udgifter til realkapital, som det er nødvendigt at annuisere. Den årlige omkostning ved brug af realkapital, kan i så fald beregnes ved at multiplicere investeringsudgiften med kapitalindvindingsfaktoren.

Det er imidlertid vigtigt i dette tilfælde, at tage hensyn til, hvilken diskonteringsmetode der i øvrigt anvendes. Hvis der diskonteres med den alternative afkastrate q , således at nutidsværdi $W(T)$ opgøres som

$$W(T) = -I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+q)^t}$$

da bør den årlige realkapitalomkostning k beregnes som $k = \alpha(q, T) \cdot I_0$ - dvs. ved brug af en kapitalindvindingsfaktor, som er bestemt af q og T 's størrelse.

Hvis der derimod diskonteres med en kombination af forbrugsdiskonteringsraten i og forrentningsfaktoren på kapital f_k , således at nutidsværdien $W(T)$ opgøres som

$$W(T) = -I_0 \cdot f_K + \sum_{t=1}^T \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

da bør den årlige realkapitalomkostning beregnes som $k = \alpha(i, T) \cdot f_K \cdot I_0$ - altså ved at multiplicere nutidsværdien af de mistede alternative afkastmuligheder med en kapitalindvindingsfaktor, der er bestemt af i og T 's størrelse.

Kapitel 8 Nutidsværdiberegninger - regneeksempler

Der er i de foregående kapitler gjort rede for en række forskellige diskonteringsmetoder med hertil hørende valg af diskonteringsrater. Hvis der ses bort fra spørgsmålet om samfundsmæssig nytte overhovedet bør diskonteres - dvs. om nyttediskonteringsraten ρ bør være positiv eller nul - kan der skelnes mellem følgende diskonteringsmetoder

- Beregning af nutidsværdien ved diskontering med forbrugsdiskonteringsraten i
- Beregning af nutidsværdien ved diskontering med den alternative marginale velfærdsøkonomiske afkastrate q
- Beregning af nutidsværdien ved diskontering med den internationale rente r
- Beregning af nutidsværdien ved diskontering med et vægtet gennemsnit af forbrugsdiskonteringsraten i og den alternative marginale velfærdsøkonomiske afkastrate q
- Beregning af nutidsværdien ved diskontering med forbrugsdiskonteringsraten i , samtidig med at den andel af investeringsudgiften, som trækkes bort fra alternative investeringer, multipliceres med forrentningsfaktoren på kapital f_K , der er bestemt af den alternative marginale velfærdsøkonomiske afkastrate q , geninvesteringskvoten s og forbrugsdiskonteringsraten i

I dette kapitel opstilles en række regneeksempler, der har til hensigt at vise, hvorledes beregningen af nutidsværdien afhænger af såvel diskonteringsmetoden som den konkrete størrelse af de benyttede diskonteringsrater.

8.1 Beplantning af 1 ha med rødgran

I dette stiliserede eksempel undersøges diskonteringsmetodens betydning for nutidsværdien for én omdrift med rødgran. Investeringsudgiften ved tilplantning samt de årlige netto-benefits ved driftsomkostninger og værdien af salgsprodukter er opgjort pr. ha. i velfærdsøkonomiske beregningspriser. Tallene for hele omdriften er vist i *tabel 8.1*.

1.000 kr. pr. ha	år 0	år 1-10	år 11-20	år 21-40	år 41-50	år 51-60	år 61-62
Investeringsudgift	-20,0						
Årlige netto-benefits		-0,5	-	0,1	1,2	1,7	60,0

Tabel 8.1 Investeringsudgift og årlige netto-benefits ved én omdrift med rødgran

Nutidsværdien af denne omdrift er beregnet med følgende forskellige forudsætninger - se *tabel 8.2*:

- Diskontering med en forbrugsdiskonteringsrate $i = 0,03$
- Diskontering med en velfærdsøkonomisk alternativ afkastrate $q = 0,06$
- Diskontering med en forbrugsdiskonteringsrate $i = 0,03$ og hele investeringsudgiften multipliceret med en forrentningsfaktor på kapital f_K beregnet for $i = 0,03$, $q = 0,06$, $T = 62$ og $s = 0$
- Diskontering med en forbrugsdiskonteringsrate $i = 0,03$ og hele investeringsudgiften multipliceret med en forrentningsfaktor på kapital f_K beregnet for $i = 0,03$, $q = 0,06$, $T = 62$ og $s = 0,2$
- Diskontering med en forbrugsdiskonteringsrate $i = 0,03$ og hele investeringsudgiften multipliceret med en forrentningsfaktor på kapital f_K beregnet for $i = 0,03$, $q = 0,06$, $T = 62$ og $s = 0,8$
- Diskontering med en forbrugsdiskonteringsrate $i = 0,03$ og en andel på $(1 - a) = 0,2$ af investeringsudgiften multipliceret med en forrentningsfaktor på kapital f_K beregnet for $i = 0,03$, $q = 0,06$, $T = 62$ og $s = 0$
- Diskontering med diskonteringsrate $\omega = 0,036$ bestemt som vægtet sum af en forbrugsdiskonteringsrate $i = 0,03$ og en alternativ afkastrate $q = 0,06$, hvor vægtene hhv. er $a = 0,8$ og $(1 - a) = 0,2$

- Diskontering med en forbrugsdiskonteringsrate $i = 0,03$ og en andel på $(1 - a) = 0,2$ af investeringsudgiften multipliceret med en forrentningsfaktor på kapital f_K beregnet for $i = 0,03$, $q = 0,06$, $T = 62$ og $s = 0,2$

Tabel 8.2 Nutidsværdi af én omdrift med rødgran ved forskellige diskonteringsmetoder og -rater

Diskonteringsmetode og diskonteringsrater	Nutidsværdi - kr. pr. ha
$i = 0,03$	11.700 kr.
$q = 0,06$	- 14.300 kr.
$i = 0,03$ og f_K beregnet for $i = 0,03$, $q = 0,06$, $T = 62$ og $s = 0$	- 5.100 kr.
$i = 0,03$ og f_K beregnet for $i = 0,03$, $q = 0,06$, $T = 62$ og $s = 0,2$	- 10.500 kr.
$i = 0,03$ og f_K beregnet for $i = 0,03$, $q = 0,06$, $T = 62$ og $s = 0,8$	- 52.600 kr.
$i = 0,03$ og $(1 - a) = 0,2$ f_K beregnet for $i = 0,03$, $q = 0,06$, $T = 62$ og $s = 0$	8.300 kr.
$\omega = 0,036$ (bestemt som $\omega = a \cdot i + (1 - a) \cdot q = 0,8 \cdot 0,03 + 0,2 \cdot 0,06$)	3.100 kr.
$i = 0,03$ og $(1 - a) = 0,2$ f_K beregnet for $i = 0,03$, $q = 0,06$, $T = 62$ og $s = 0,2$	7.300 kr.

Det ses i tabel 8.2, at projektet har en positiv nutidsværdi på 11.700 kr., hvis der diskonteres med forbrugsdiskonteringsraten $i = 0,03$, mens det har en negativ nutidsværdi på -14.300 kr., hvis der diskonteres med den højere alternative afkastrate $q = 0,06$. Dette hænger selvfølgelig sammen med, at projektets velfærdsokonomiske omkostninger optræder i starten af projektforløbet, mens dets egentlige velfærdsøkonomiske fordele først opnås meget sent i forløbet.

Hvis man opretholder diskonteringen med forbrugsdiskonteringsraten $i = 0,03$, men gennem multiplikation af investeringsudgiften med forrentningsfaktoren på kapital f_K tager højde for de alternative afkastmuligheder, har projektet fortsat en negativ nutidsværdi. Denne reduceres dog fra -14.300 kr. til -5.100 kr. Det positive bidrag til nutidsværdien ved at diskontere med $i = 0,03$ frem for med $q = 0,06$ opvejer altså i dette tilfælde med en forholdsvis lang tidshorisont det negative bidrag fra multiplikationen af investeringsudgiften med f_K . Forrentningsfaktoren er i dette tilfælde beregnet for en geninvesteringsskvote $s = 0$. Hvis denne kvote antages at være positiv, forøges værdien af f_K , og projektets nutidsværdi reduceres derfor. Det ses, at for $s = 0,2$, reduceres nutidsværdien til -10.500 kr., og for $s = 0,8$, reduceres den til hele -52.600 kr.

Hvis det antages, at kun en del af investeringsudgiften $(1 - a) = 0,2$ fører til en reduktion af alternative investeringer, forøges projektets nutidsværdi. Ved diskontering med $i = 0,03$ og f_K beregnet for $i = 0,03$, $q = 0,06$ og $s = 0$ bliver projektets nutidsværdi positiv og lig med 8.300 kr. Hvis der i stedet diskonteres med en diskonteringsrate $\omega = 0,036$, der fremkommer som en vægtet sum af i og q - $\omega = 0,8 \cdot 0,03 + 0,2 \cdot 0,06$ - bliver projektets nutidsværdi stadig positiv, men i dette tilfælde kun 3.100 kr. Det positive bidrag til nutidsværdien ved kun at multiplicere investeringsudgiften med $0,2 \cdot f_K$ er altså i dette tilfælde større end at benytte en diskonteringsrate, hvor den alternative afkastrate ligeledes kun er vægtet med $0,2$. Dette skyldes, projektets betydeligste netto-benefits optræder i slutningen af den lange tidshorisont, således at selv en beskedent forøgelse

se af diskonteringsraten får stor betydning for nutidsværdiens størrelse. Endelig ses, at antagelsen om at $s = (1 - a) = 0,2$ frem $s=0$ og $(1 - a) = 0,2$ som forventes reducerer nutidsværdien, fordi f_k bliver større.

Sammenfattende viser det valgte eksempel, hvor projektets tidshorisont er relativ lang, med al ønskelig tydelighed nutidsværdiens afhængighed af, hvilken diskonteringsmetode og diskonteringsrate der benyttes. Forskellene mellem de forskellige nutidsværdier øges normalt med den anlagte tidshorisont.

8.2 Årlige netto-benefits hhv. tidligt og sent i perioden

I dette regneeksempel beregnes nutidsværdier for tre forskellige 20-årige projekter, hvis investeringsudgifter og netto-benefits er forskelligt fordelt over perioden. Eksemplet skal vise, hvorledes rangordningen af projekterne i høj grad afhænger af, hvilken diskonteringsmetode og -rate der anvendes. Projekternes investeringsudgifter og netto-benefitstrømme er vist i *tabel 8.3*.

Det ses, at projekterne over den 20-årige periode giver anledning til, at der skabes forskellige summer af velfærd. Summen af velfærd er størst for *projekt 1* - nemlig i alt *90 mio. kr.* - mens summen med *70 mio. kr.* er knapt så høj for *projekt 2*, og den er lavest for *projekt 3*, der samlet set kun afkaster *50 mio. kr.*

Fordelingen af velfærden er imidlertid meget forskellig over årene. Projekt 1 og 2 har ganske vist samme investeringsudgifter i år 0 og år 1; men i de følgende år udvikler deres netto-benefits sig meget forskelligt. Projekt 1's netto-benefits starter på et lavt niveau, men bliver senere af flere omgange stadigt højere. Projekt 2 derimod har lidt højere netto-benefits i starten af perioden, og de bliver højere i midten af denne for til sidst at falde til et lavt niveau. Endelig omfatter projekt 3 to ens projekter, der ligger i forlængelse af hinanden. Det enkelte projekts investeringsudgift er kun halvt så stor som projekt 1's og 2's, men den skal altså gentages. Til gengæld kan halvdelen af investeringsudgiften så udskydes til år 10 og 11. Det enkelte delprojekts netto-benefits er høje i starten af projektperioden, men bliver senere lavere.

Tabel 8.3 Tre 20-årige projekter med hver deres fordeling af investeringsudgifter og netto-benefits over årene - mio. kr.

År	Projekt 1		Projekt 2		Projekt 3	
	Investering	Netto-benefit	Investering	Netto-benefit	Investering	Netto-benefit
0	-100		-100		-50	
1	-10		-10		-5	
2		5		10		15
3		5		10		15
4		5		10		10
5		5		10		10
6		5		10		10
7		5		10		10
8		5		20		5
9		5		20		5
10		10		20	-50	
11		10		20	-5	
12		10		5		15
13		10		5		15
14		10		5		10
15		10		5		10
16		20		5		10
17		20		5		10
18		30		5		5
19		30		5		5
Sum	90		70		50	

Vurderet på grundlag af projekternes samlede velfærdsskabelse bør projekt 1 foretrækkes med projekt 2 som andenprioritet og projekt 3 som tredjeprioritet. Hvis man imidlertid diskonterer de fremtidige investeringsudgifter og netto-benefits, tegner der sig et andet billede, som i høj grad afhænger af, hvilken diskonterings-

metode og -rate der anvendes. I tabel 8.4 er der angivet nogle eksempler på nutidsværdiberegninger for de tre projekter.

Det ses, at ved at diskontere projekternes årlige netto-benefits med en forbrugsdiskonteringsrate $i = 0,03$ bliver projekt 2 mere fordelagtigt end projekt 1, hvilket er forventeligt, da dette projekts betydeligste netto-benefits opnås relativt sent i perioden. Projekt 3 bliver det næstbedste ved diskonteringsraten $i = 0,03$; men benyttes i stedet en alternativ afkastrate $q = 0,06$ som diskonteringsrate, da bliver dette projekt det fordelagtigste. Dette skyldes primært, at halvdelen af investeringsudgifterne bliver udskudt til år 10 og 11, således at det betydelige negative bidrag herfra til nutidsværdien ikke kommer til at tælle så meget.

Denne effekt bliver endnu mere udtalt, hvis der diskonteres med en kombination af forbrugsdiskonteringsraten $i = 0,03$ og forrentningsfaktoren på kapital f_K (beregnet for $i = 0,03$, $q = 0,06$, $T = 19$ og $s = 0$). De store investeringsudgifter i år 0 og 1 for projekt 1 og 2 bliver belastet hårdt med denne faktor, således at de følgende års netto-benefits selv med den lave diskonteringsrate $i = 0,03$ slet ikke kan opveje dette. Projekt 3 har derimod positiv nutidsværdi, når denne diskonteringsmetode anvendes, hvilket skyldes, at halvdelen af investeringsudgifterne først bliver belastet med $f_K \cdot 1,03^{-10}$ og $f_K \cdot 1,03^{-11}$ i år 10 og 11.

Tabel 8.4 Nutidsværdier for projekt 1, 2 og 3 ved forskellige diskonteringsmetoder og -rater

Mio. kr.	Projekt 1	Projekt 2	Projekt 3
<i>Ingen diskontering</i>	*		
	90,0	70,0	50,0
$i = 0,03$	25,2	28,7	25,8
$q = 0,06$	-15,3	-0,6	10,0
$i = 0,03$ og f_K beregnet for $i = 0,03$, $q = 0,06$, $T = 19$ og $s = 0$	-22,0	-18,5	3,5
$\omega = 0,036$ (bestemt som $\omega = a \cdot i + (1 - a) \cdot q = 0,8 \cdot 0,03 + 0,2 \cdot 0,06$)	15,5	22,0	22,1
$i = 0,03$ og $(1 - a) = 0,2$ f_K beregnet for $i = 0,03$, $q = 0,06$, $T = 19$ og $s = 0,2$	14,8	18,28	21,2

Anm: For hver diskonteringsrate og -metode er det med * angivet, hvilket projekt der har højest nutidsværdi

Endelig ses det, at anvendelsen af en vægtet diskonteringsrate $\omega = a \cdot i + (1 - a) \cdot q = 0,8 \cdot 0,03 + 0,2 \cdot 0,06$ medfører, at projekt 2 og 3 fremstår som ligeværdige. Den benyttede vægtning afspejler, at en andel på 0,8 af investeringsudgifterne antages at forårsage en reduktion af det alternative forbrug, mens den resterende andel forårsager en reduktion af de alternative investeringer. Benyttes denne antagelse i kombination med diskontering med forbrugsdiskonteringsraten $i = 0,03$ og forrentningsfaktoren på kapital f_K (beregnet for $i = 0,03$, $q = 0,06$, $T = 19$ og $s = 0,2$) er det derimod projekt 3, der igen har størst nutidsværdi

Sammenfattende viser eksemplerne, at når man står over for at skulle prioritere mellem projekter med væsentligt forskellige tidsprofiler, er der al mulig grund til at være omhyggelig ved håndteringen af diskonteringen.

8.3 Annuitetsberegninger

Sammenligningen af projekter med forskellig tidshorisont kan som omtalt i afsnit 7.1 enten ske på grundlag af projekternes nutidsværdier beregnet for én fælles tidshorisont eller ved gennem annuisering at omregne projekternes nutidsværdier beregnet for hvert projekts specifikke tidshorisont til konstante årlige netto-benefits. Det følgende eksempel viser for to projekter med forskellig tidshorisont, hvorledes deres relative fordelagtighed kan belyses gennem annuisering.

Af tabel 8.5 fremgår det, at projekt 1 har en levetid på $T = 9$, mens projekt 2's levetid er $T = 15$. De har begge en investeringsudgift på 100 mio. kr. i år 0. Det første projekt afgiver forholdsvis hurtigt betydelige netto-benefits, mens det andet projekts betydeligste netto-benefits først opnås relativt sent. I sin forholdsvis korte levetid når projekt 1 ikke at afkaste lige så mange netto-benefits som projekt 2, og summen af velfærd fra de to projekter er da også hhv. 35 mio. kr. og 65 mio. kr.

Tabel 8.5 Sammenligning af projekter med forskellig levetid gennem annuisering af deres specifikke nutidsværdier - mio. kr.

År	Projekt 1	Projekt 2
0	-100	-100
1	10	5
2	15	5
3	20	5
4	20	5
5	20	5
6	20	10
7	15	10
8	10	10
9	5	10
10		10
11		15
12		15
13		20
14		20
15		20
Sum	35	65
Nutidsværdi $i = 0,03$	17,8	23,4
Nutidsværdi $q = 0,06$	3,7	-5,5
Annuitet $T = 10, 16$ og $i = 0,03$	2,0	1,8
Annuitet $T = 10, 16$ og $q = 0,06$	0,5	-0,5
Nutidsværdi f_K ved $s=0, T=9, 15$ og $i=0,03$ og $q=0,06$	-5,5	-12,4
Annuitet $T = 10, 16$ og $i = 0,03$ beregnet på grundlag af nutidsværdi med f_K ved $s=0, T=9, 15$ og $i=0,03$ og $q=0,06$	-0,6	-1,0

Det ses, at nutidsværdien af projekt 2 ved diskontering med forbrugsdiskonteringsraten $i = 0,03$ er større end for projekt 1. Selvom diskonteringen er til ugunst for projekt 2, fordi dets betydeligste netto-benefits opnås sent i dets levetid, opvejes dette dog af, at det som nævnt skaber flere netto-benefits over en længere levetid end projekt 1. Dette gælder imidlertid ikke, hvis diskonteringsraten forhøjes til den alternative marginale afkastrate $q = 0,06$. I det tilfælde fremstår projekt 1 som det fordelagtigste.

Projekternes nutidsværdier bør imidlertid ikke sammenlignes på denne direkte måde, netop fordi disse dækker over forskellige tidshorisonter for de to projekter. Det korrekte sammenligningsgrundlag er i stedet de annuiserede netto-benefits. Disse beregnes ved brug af kapitalindvindingsfaktorerne $a(0,03,0,10)$ og $a(0,03,0,16)$ og er i tabellen beregnet til hhv. 2,0 mio. kr. og 1,8 mio. kr. for projekt 1 og 2. Selvom projekt 1 altså umiddelbart fremstår med den laveste nutidsværdi ved denne diskonteringsrate, bør det altså alligevel foretrækkes, fordi dets årlige netto-benefitskabelse over dets forholdsvis korte tidshorizont er højere end projekt 2's årlige netto-benefitskabelse over flere år. Ved en højre diskonteringsrate $q = 0,06$ er nutidsværdien for projekt 1 positiv og for projekt 2 negativ. Annuiseringen kan selvsagt ikke ændre på dette forhold.

Hvis projekternes nutidsværdier beregnes ved diskontering med forbrugsdiskonteringsraten $i = 0,03$ og forrentningsfaktoren på kapital f_k bliver deres nutidsværdier negative - hhv. $-5,5$ mio. kr. for projekt 1 og $-12,4$ mio. kr. for projekt 2. Dette er umiddelbart overraskende, fordi nutidsværdien for projekt 1 både er positiv ved diskontering med $i = 0,03$ og $q = 0,06$. Her er imidlertid et eksempel på, at diskontering med forrentningsfaktormetoden kan føre til, at relativt kortvarige projekter bliver forkastet, selvom de ville blive accepteret ved diskontering med den alternative afkastrate. I modsætning til, hvis der alene diskonteres med $i = 0,03$, er det nu projekt 1, der har størst nutidsværdi, og dette ændres ikke, når sammenligningen af de to projekter på korrekt vis alene baseres på deres annuiserede nutidsværdier. Annuiseres således med kapitalindvindingsfaktorerne $\alpha(0,03,0,10)$ og $\alpha(0,03,0,16)$ ses, at projekt 1 giver anledning til et årligt tab på $0,6$ mio. kr., mens projekt 2 giver et årligt tab på $1,0$ mio. kr.

Kapitel 9 Empiri om den velfærdsøkonomiske diskonteringsrate

De teoretiske overvejelser over valget af diskonteringsrate og -metode viser, at især to parametre er centrale for løsningen af diskonteringsproblemstillingen - nemlig den marginale alternative reale afkastrate q og forbrugsdiskonteringsraten i . I dette kapitel præsenteres derfor et empirisk materiale, der kan benyttes til at fastsætte størrelsen af disse parametre. I en lille åben økonomi som den danske kan der også argumenteres for, at den internationale rente r bør anvendes i forbindelse med diskonteringen. Derfor undersøges også, hvilket empirisk materiale der foreligger om denne rente. Endelig diskuteres kort mulighederne for hhv. at opstille empiriske indikatorer for den individuelle og den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate.

Kapitlet er disponeret på følgende måde:

- Indikatorer på den marginale alternative reale afkastrate
- Indikatorer på den internationale lånerente og statens lånerente
- Indikatorer på forbrugsdiskonteringsraten
- Indikatorer på den individuelle og en samfundsmæssige nyttediskonteringsrate

9.1 Den marginale alternative reale afkastrate

Den marginale alternative reale afkastrate er som omtalt i *kapitel 4* central for bestemmelsen af den alternative netto-benefitstrøm. Der kan derfor argumenteres for direkte at benytte den som diskonteringsrate; men den kan også benyttes til at beregne værdien af det faste årlige alternative afkast. På denne måde indgår afkastraten i fastsættelsen af forrentningsfaktoren på kapital - jf. *kapitel 6*.

Som indikatorer på den marginale alternative reale afkastrate kan benyttes:

- Den reale effektive markedsrente før skat
- Det beregnede realafkast ud fra nationalregnskabet
- Afkastningsgrader eller forrentningen af egenkapitalen i industrivirksomheder

I det følgende præsenteres det foreliggende empiriske materiale vedrørende disse indikatorer.

9.1.1 Den reale effektive markedsrente før skat - nominel rente korrigeret for hhv. faktisk og forventet inflation

En investor må antages kun at ville investere i fast realkapital, hvis denne kan forrentes med en real afkastrate, der enten er højere end realafkastet på finansielle fordringer eller den reale lånerente. Realafkastet på finansielle fordringer repræsenterer afkastet på alternative placeringsmuligheder for den investerede kapital. Den reale lånerente repræsenterer investeringens finansieringsomkostninger, som gerne skal dækkes af dens reale afkastrate.

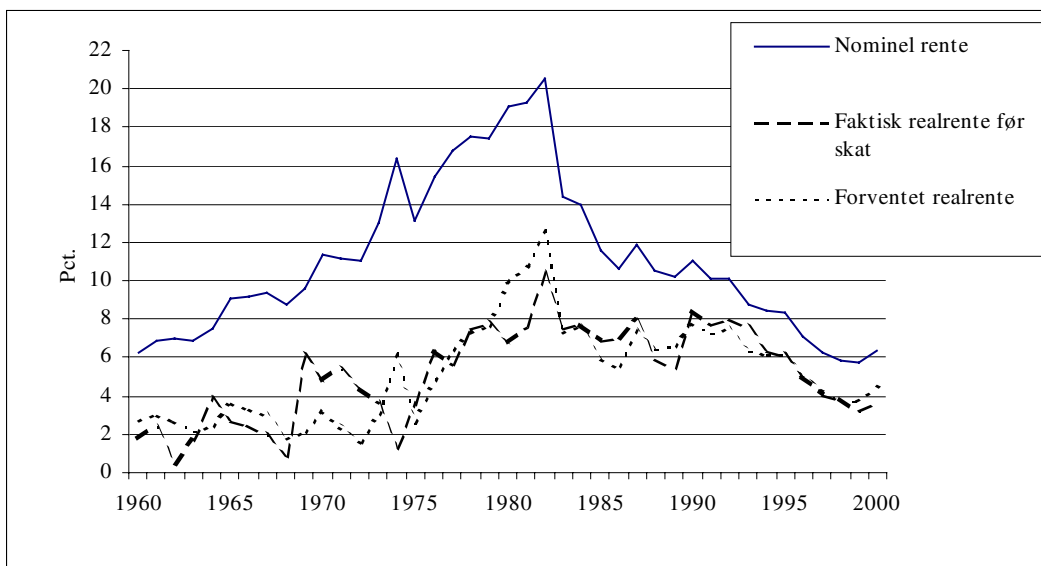
Investor vil formentlig sammenligne afkastmulighederne og finansieringsomkostningerne efter skat; men fra et samfundsmæssigt synspunkt repræsenterer det alternative realafkast før skat den overvejede investerings alternativomkostninger. Som indikatorer herpå må derfor vælges afkastreter på finansielle fordringer og lånerenter opgjort før skat.

Som indikatorer på den minimalt opnåelige alternative afkastrate kan benyttes realrenten på statsobligationer før skat. I det følgende præsenteres Nationalbankens beregninger heraf.

Nationalbankens beregninger - 10-årig statsobligationsrente

Nationalbanken har for perioden 1960 - 2000 beregnet den reale effektive rente på 10-årige statsobligationer - jf. Pedersen (2001). De beregnede renter er vist i *figur 9.1.1*. Det ses, at den nominelle effektive rente har varieret mellem det laveste niveau i 1999 på 5,7 pct. og det rekordhøje niveau på 20,5 pct. i 1982. I gennemsnit har renten ligget på godt 11 pct.

Figur 9.1.1 Effektiv rente 10-årig statsobligation



Kilde: Erik Haller Pedersen (2001)

Anm: De angivne renter fremgår af tabel 1 i appendiks 9.1

Noter: 1. De forventede inflationsrater er beregnet ved at udglatte de faktiske rater ved brug af et HP-filter.

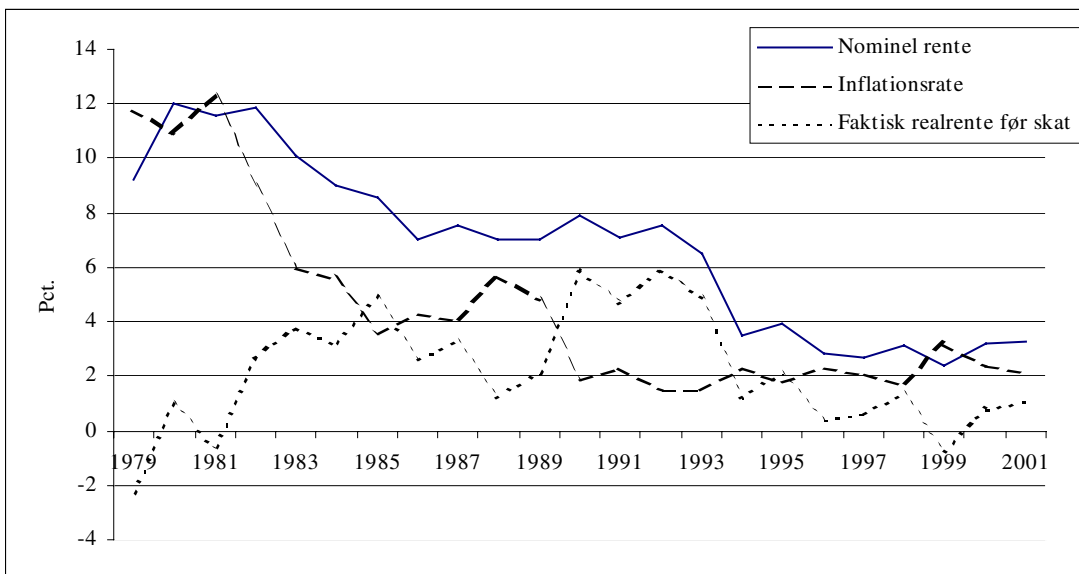
Den faktiske realrente er beregnet ved at korrigere den nominelle rente for prisstigningstakten opgjort som stigningen i forbrugerprisindekset. Forbrugerprisindekset er valgt, fordi man i velfærdsøkonomiske beregninger er interesseret i afkastets reale værdi, set fra forbrugernes synspunkt. Det ses, at den faktiske realrente har varieret mellem 0,4 pct. i 1962 og 10,4 pct i 1982. I gennemsnit har den ligget på godt 5 pct.

Den faktiske realrente opgøres ex post. Det må imidlertid antages, at agenterne reagerer på den forventede realrente. Denne beregnes ved at korrigere den nominelle rente for inflationsforventningerne. Den forventede inflationsrate kan ikke direkte observeres; men Nationalbanken har forsøgt at skønne over den ved at udglatte de faktiske inflationsrater gennem brug af et såkaldt HP-filter - jf. Hodrick & Prescott (1997). Tankegangen er, at inflationsforventningerne afspejler og tilpasser sig tidligere tiders faktiske inflationsrater. Korrigeres de faktiske nominelle renter med de udglattede inflationsrater, opnås et skøn for den forventede realrente. Denne ses at udvise mindre udsving end den faktiske realrente, mens den gennemsnitlige faktiske og forventede realrente set over så relativt langt tidsperspektiv selvsagt er nogenlunde ens - se i øvrigt *tabel 1 i appendiks 9.1*.

Pengeinstitutternes indlåns- og udlånsrente

Med henblik på at supplere billedet af, hvilke realrenter før skat opsparere kan opnå og låntagere må betale, er der i *figur 9.1.2 og 9.1.3* hhv. beregnet realrenter for pengeinstitutternes indlån og udlån. Beregningerne er foretaget for perioden 1979 - 2001, som er den længste periode, for hvilken Danmarks Statistik har opstillet nogenlunde sammenlignelige renteserier. Det ses, at den gennemsnitlige nominelle effektive indlånsrente i den betragtede periode har varieret mellem 2,4 pct. i 1999 og 12,0 pct i 1980. I gennemsnit har renten ligget på 6,7 pct.

Da renterne er oplyst som gennemsnit for året, er det valgt at beregne inflationsraterne som stigningen i forbrugerprisindekset fra december måned det foregående år til december måned det pågældende år. Denne stigningsprocent afspejler inflationsraten over det pågældende år. Korrigeres de angivne nominelle renter hermed, fås de tilsvarende faktiske realrenter før skat. Disse ses at variere mellem -2,3 pct. i 1979 og 5,9 pct. i 1990 og 1992. Periodens gennemsnitlige reale indlånsrente før skat er 2,2 pct. - jf. også *tabel 2 i appendiks 9.1*.

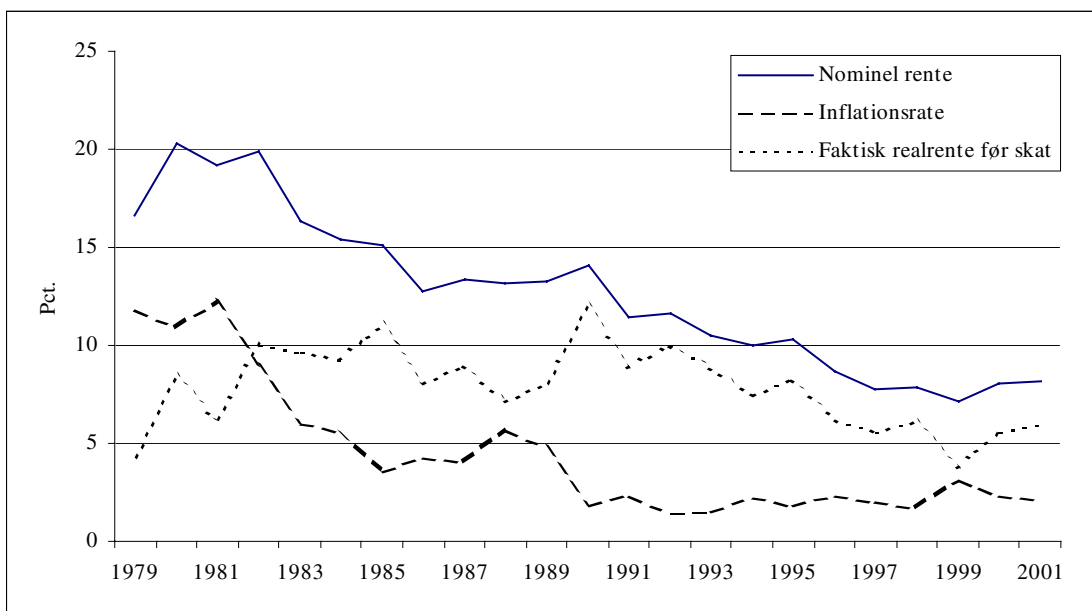


Figur 9.1.2 Effektiv indlånsrente i pengeinstitutterne

Kilde: Statistisk tiårsoversigt og Statistisk Årbog

Anm: For årene 1984-2001 er tallene direkte oplyst i Statistisk tiårsoversigt. For årene 1973-1983 er tallene beregnet som et simpelt gennemsnit af renten på anfordring uden checks og renten på indlån med opsigelsesvarsel og særlige indlånsformer. De angivne renter fremgår af tabel 2 i appendiks 9.1

Ser man i stedet på den rente, som private låntagere har skullet betale over den betragtede periode, tegner der sig et lidt andet billede. Den nominelle udlånsrente har varieret mellem 7,1 pct. i 1999 og 20,3 pct. i 1980. I gennemsnit har renten ligget på 12,7 pct. Den faktiske realrente før skat har varieret mellem 4,3 pct i 1979 og 12,0 pct. i 1990 med et gennemsnit på 7,8 pct. - jf. også tabel 3 i appendiks 9.1.



Figur 9.1.3 Effektiv udlånsrente i pengeinstitutterne

Kilde: Statistisk tiårsoversigt

Anm: For årene 1984-2001 er tallene direkte oplyst i Statistisk tiårsoversigt. For årene 1973-1983 er tallene beregnet som et simpelt gennemsnit af kassekreditrenten og renten på andre udlån. De angivne renter fremgår af tabel 3 i appendiks 9.1

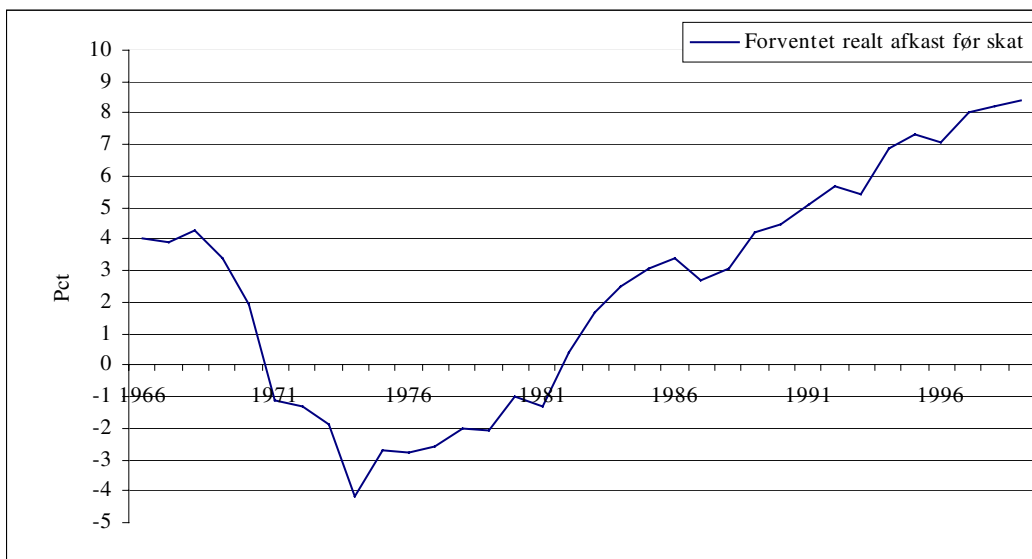
De præsenterede reale markedsrenter før skat repræsenterer formentlig kun et underkantsskøn for de opnåede realafkast. En investor i realkapital må antages mindst at kræve en forrentning der overstiger bankernes reale indlånsrente og obligationsrenten på i gennemsnit 2 - 5 pct. Formentlig vil investoren også kræve et afkast,

der kan forrente bankernes reale udlånsrente på i gennemsnit 8 pct. Der er derfor grund til at se på mere direkte indikatorer på virksomhedernes opnåelige afkast.

9.1.2 Beregnede realafkast ud fra nationalregnskabet

Nationalbankens beregning af realafkast

I Pedersen (2001) præsenteres Nationalbankens beregnede reale afkastningsgrader for danske virksomheder for perioden 1966 - 2000. Afkastningsgraderne er beregnet ud fra nationalregnskabets oplysninger om restindkomster - bruttofaktorindkomsten fratrukket aflønningen af arbejdskraften - og værdien af realkapital. De er beregnet som virksomhedernes restindkomst i forhold til værdien af kapitalapparatet fratrukket stigningen i BNP-deflatoren - jf. Pedersen (2001). Afkastningsgraderne er vist i *figur 9.1.4*.



Figur 9.1.4 Danske virksomheders reale afkastningsgrad

Kilde: Erik Haller Pedersen (2001)

Anm: De angivne afkast fremgår af tabel 4 i appendiks 9.1

Det ses, at den forventede afkastningsgrad over den betragtede periode varierer mellem -4,2 pct. og 8,4 pct. I gennemsnit har afkastningsgraden ligget på 2,6 pct. Der har dog siden midten af 1970-erne været en klar tendens til stigende afkastningsgrad, således at denne inden for de sidste ti år har ligget på 4 - 8 pct. Se også *tabel 4* i *appendiks 9.1*.

Det kan diskuteres, om de årlige restindkomster, ligesom Nationalbanken har gjort, bør deflateres ved beregningen af de årlige reale afkastningsgrader. Opgørelsen af restindkomsten omfatter således ikke den gevinst ejerne af kapitalapparatet har opnået ved at dets værdi som følge af inflationen er steget i løbet af året. Denne gevinst kan være relevant ved opgørelsen af et rent virksomhedsøkonomisk afkast. I dette notats sammenhæng søges imidlertid efter afkastrater, der kan benyttes som indikatorer på fastprisværdien af det alternative forbrug, som mistes ved at investere i et givet projekt. Inflationsbetingede værdistigninger på kapitalapparatet indgår ikke som en del af dette forbrug.

Nationalbankens beregninger vedrører brutto-afkastningsgrader, dvs. afkastet før afskrivninger på realkapitalen. I en samfundsmæssig sammenhæng er det som omtalt i *afsnit 6.1.3* netto-afkastningsgraderne, som er mest relevante. Danmarks Statistik har for nyligt - ligeledes ud fra nationalregnskabet - beregnet såkaldte nettoafkastrater for forskellige institutionelle sektorer.

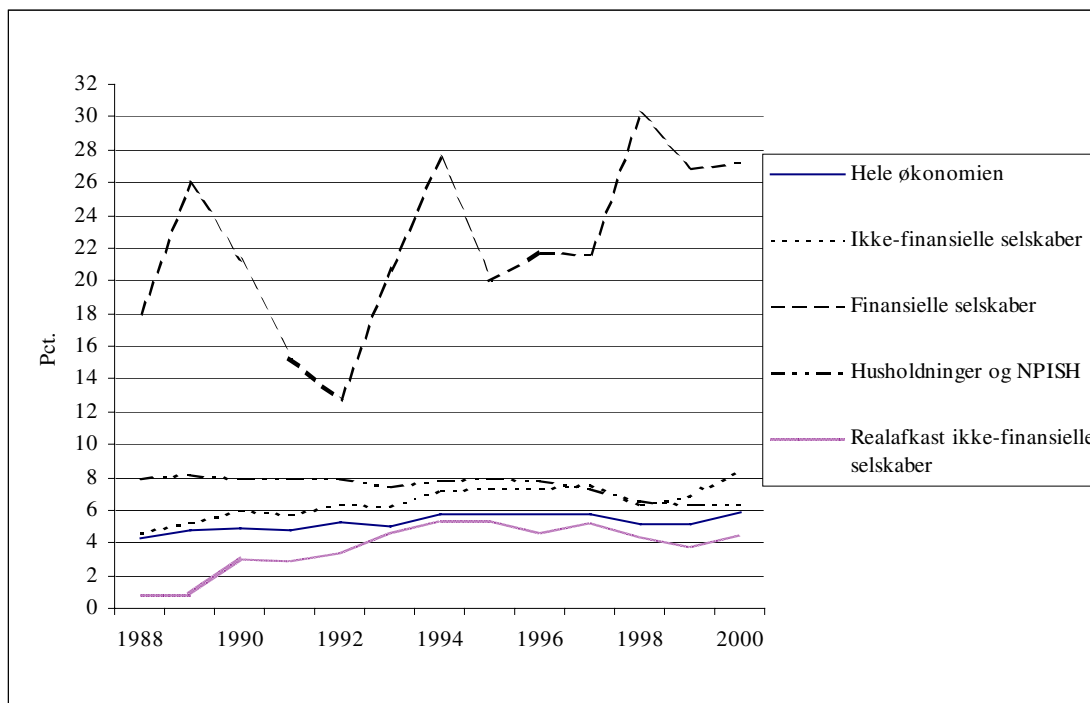
Danmarks Statistiks beregnede nettoafkastrater

I Danmarks Statistik (2002) er der for perioden 1988 - 2000 beregnet nettoafkastrater fordelt på institutionelle sektorer. Nettoafkastraten defineres som bruttooverskuddet af produktionen minus forbruget af fast realkapital divideret med nettobeholdningen af fast realkapital. Bruttooverskuddet af produktionen svarer til restindkomsten, der beregnes som bruttofaktorindkomsten fratrukket lønindkomster. Nettobeholdningen af

fast realkapital beregnes som værdien af bruttobeholdningen opgjort i genanskaffelsespriser fratrukket den akkumulerede værdi af forbruget af fast realkapital (afskrivningerne). Nettobeholdningen af fast realkapital udgør altså denne kapitalens andel af nationalformuen. Nettoafkastraten kan fortolkes som forrentningen af denne andel af nationalformuen. De af Danmarks Statistik beregnede nettoafkastrater er vist i *figur 9.1.5*.

Figur 9.1.5 Nettoafkastrater fordelt på institutionelle sektorer

Kilde: Statistiske Efterretninger: Nationalregnskab og betalingsbalance 2002:2, 1. februar 2002



Anm: De angivne afkast fremgår af tabel 5 i appendiks 9.1

De i *figur 9.1.5* angivne afkastrater er beregnet som forholdet mellem netto-overskuddet af produktionen opgjort i løbende priser og værdien af netto-beholdningen af realkapital opgjort i primo årets priser. Der er således tale om nominelle afkastrater.

I den betragtede periode varierer afkastraterne for hele økonomien ikke meget omkring gennemsnittet på 5,2 pct. Dette tal dækker dog over store variationer sektorerne imellem. Den gennemsnitlige afkastrate for den ikke-finansielle sektor er 6,5 pct., mens den i den finansielle sektor ligger helt oppe på 22,2 pct. Afkastraten svinger også væsentligt mere i den finansielle sektor end i den ikke-finansielle - hhv. mellem 12,7 pct. og 30,2 og mellem 4,7 pct. og 8,4 pct. Når nettoafkastraten for hele økonomien er lavere end i de enkelte sektorer, skyldes det, at der i følge den benyttede nationalregnskabskonvention ikke gennem den offentlige sektors produktion skabes nettooverskud. Se også *tabel 5* i *appendiks 9.1*.

Den betragtede periode er relativt kort; men Danmarks Statistik har ikke ført tidsserierne længere tilbage i tiden. I en tidligere publikation - jf. Danmarks Statistik (2001) - er der imidlertid beregnet nettoafkastrater for en tilnærmet ikke-finansielle sektor for perioden 1966 - 1996. I denne tilnærmede ikke-finansielle sektor er erhvervet ejendomsudlejning og -formidling udeladt i forhold til den egentlige ikke-finansielle sektor. Da afkastraterne i ejendomsudlejning og -formidling er lavere end i andre erhverv, bliver afkastraterne i den tilnærmede ikke-finansielle sektor højere end i den egentlige sektor. Der er tale om en niveauforskel på 4-5 pct. Samtidig viser den lange serie, at nettoafkastraterne i perioden 1966 - 1988 har ligget på et væsentligt højere niveau end i perioden 1988 - 2000. Fra 1966 til 1977 faldt afkastraten fra knapt 20 pct. til 14 pct., og videre frem til 1988 svingede den mellem 10 pct. og 14 pct.

En stor del af faldet i den nominelle nettoafkastrate skyldes selvsagt den faldende inflationsrate i perioden. De reale afkastrater for den ikke-finansielle sektor er derfor vist i *figur 9.1.5*'s nederste kurve. Den reale afkastrate er beregnet ved at korrigerer den nominelle rate med stigningen i BNP-deflatoren fra det foregående år til det pågældende år. Når der i denne sammenhæng især er valgt at fokusere på den ikke-finansielle sek-

tor, skyldes det, at afkastraten i den finansielle sektor næppe afspejler egentlige reale afkastmuligheder i samfundet. Den afspejler formentlig i høj grad rene finansielle gevinster og tab, der er irrelevante i en velfærdsøkonomisk sammenhæng.

Det ses, at den ikke-finansielle sektors reale nettoafkastrate i gennemsnit har ligget på 3,8 pct. i den betragtede periode. I forhold til Nationalbankens beregninger for den samme periode - jf. *figur 9.1.4* - hvor gennemsnittet er på 6,3 pct., er den beregnede reale nettoafkastrate noget lavere. Tager man imidlertid i betragtning, at erhvervet ejendomsudlejning og -formidling som omtalt sænker afkastniveauet 4-5 pct., synes der trods alt at være nogenlunde overensstemmelse mellem de to opgørelser - især når det tages i betragtning, at Nationalbanken har beregnet bruttoafkastrater, og Danmarks Statistik oplyser nettoafkastrater. Den reale afkastrate ved en snæver afgrænsning af den ikke-finansielle sektor (ekskl. ejendomserhvervet) synes at have ligget på 6-8 pct. i perioden 1988 - 2000.

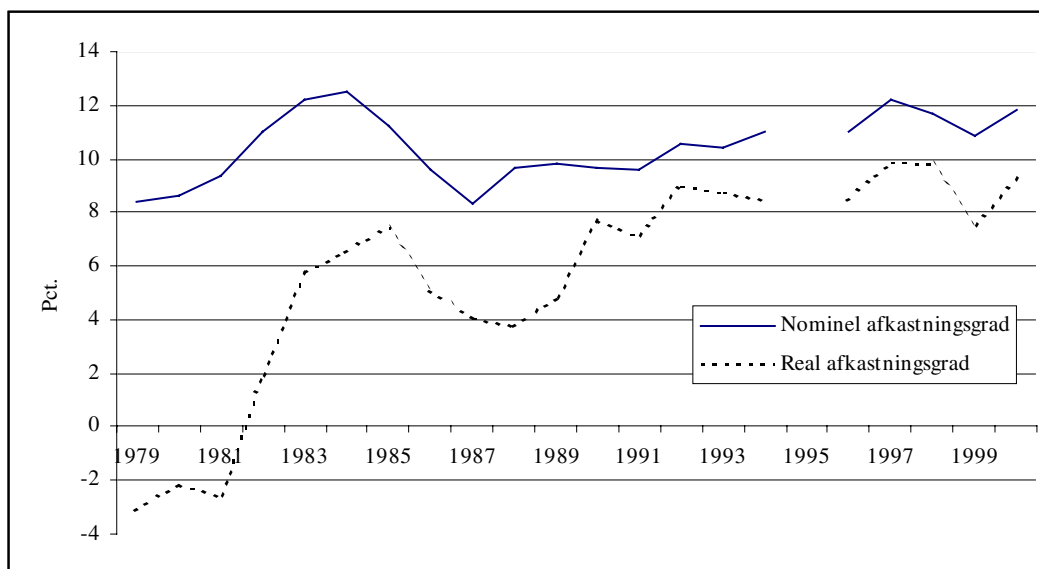
Rimeligheden i denne vurdering kan undersøges ved at betragte statistikken for industriens afkastningsgrad.

9.1.3 Afkastningsgraden i industrien

Danmarks Statistik har i mange år oplyst afkastningsgrader for industrien. Afkastningsgraden er defineret som resultatet af ordinær drift plus finansielle indtægter udtrykt i procent af den gennemsnitlige aktivmasse. Resultatet af den primære drift opgøres som værdien af den samlede omsætning fratrukket samtlige omkostninger inkl. afskrivninger. Afkastningsgraden er altså udtryk for virksomhedernes evne til at forrente den investerede kapital efter hensyntagen til afskrivninger - altså en netto-afkastrate.

Der er imidlertid gennem årene sket en række ændringer i statistikgrundlaget og beregningsmetoden, der gør det vanskeligt at opstille en helt konsistent serie for afkastningsgraden. I 1995 omlagde man således statistikken fra at omfatte A/S og Aps virksomheder med mere end 20 beskæftigede til at omfatte alle A/S, Aps og AmbA virksomheder. Der er også i 1987 sket et databrud. Omlægningerne har dog ikke haft et omfang, som gør det helt meningsløst at sammenligne afkastningsgraderne for en længere årrække. Det har været muligt at fremskaffe tal for perioden 1979 - 2000, som er præsenteret i *figur 9.1.6*. Se også *tabel 6* i *appendiks 9.1*.

Det ses, at afkastningsgraden i den betragtede periode gennemsnitligt har ligget på ca. 10,5 pct. og har svinget mellem 8,4 pct. i 1979 og 12,5 pct. 1984. De oplyste afkastningsgrader kan fortolkes som nominelle årlige afkastrater. De hertil svarende reale afkastningsgrader beregnes ved at deflatere med stigningen i forbrugerprisindekset. Det ses, at den således beregnede reale afkastningsgrad har ligget på i gennemsnit ca. 5,7 pct. for perioden, hvilket ligger i underkanten af de beregnede nettoafkastrater for ikke-finansiell virksomhed på 6 - 8 pct. - jf. afsnit 2.2.2. Ser man alene på perioden 1988 - 2000, for hvilken nettoafkastraterne er beregnet, er den gennemsnitlige reale afkastningsgrad dog oppe på 8,3 pct. Der kan derfor med nogen ret argumenteres for, at den reale alternative afkastrate i den private sektor ligger på 6 - 8 pct.



Figur 9.1.6 Afkastningsgraden i industrien

Kilde: Statistisk tiårsoversigt

Anm.: Før 1995 virksomheder med mindst 20 ansatte. Fra 1995 alle virksomheder. De angivne afkastningsgrader fremgår af tabel 6 i appendiks 9.1

Danmarks Statistik har også gennem en lang årrække beregnet tal for egenkapitalens forrentning. Det har imidlertid ikke været muligt at opstille en længere sammenhængende talserie herfor. Dette skyldes flere omlægninger af statistikken. Tidligere defineredes egenkapitalens forrentning i et givet år som årets resultat før skat i forhold til værdien af virksomhedens egenkapital - dvs. aktie- og anpartskapital samt reserver - opgjort ultimo året. Nu defineres forrentningen som det gennemsnitlige resultatet efter skat for året og det foregående år i forhold til værdien af egenkapitalen ultimo året. Hertil kommer omlægningen af statistikken fra kun at omfatte virksomheder med mere end 20 beskæftigede til at omfatte alle virksomheder.

Siden 1995 har den nominelle forrentning af egenkapitalen efter skat ligget mellem 13,4 pct. og 16,7 pct. - altså ca. 4 pct over afkastningsgraden. Før 1995, hvor statistikken kun omfatter virksomheder med mere end 20 ansatte, ligger forrentningen på niveau med afkastningsgraden. I betragtning af de helt forskellige definitioner af de to afkastbegreber, er det dog tvivlsomt, om disse sammenligninger siger noget som helst. Afkastningsgraden er under alle omstændigheder det af de to begreber, der kommer nærmest en egentlig opgørelse af det realiserede realafkast ved at investere i realkapital.

9.1.4 Sammenfatning

Som indikatorer på, hvad den i projektet investerede realkapital alternativt kunne have afkastet, er der i det foregående præsenteret en række opgørelser af den private sektors lånerenter og afkastmuligheder. Hensigten er at opnå en forestilling om virksomhedernes realiserede marginale netto-realafkast før skat. Det er marginalafkastet, som ønskes belyst, fordi projektet antages at repræsentere en marginal aktivitetsændring, som fortrænger den marginale alternative investeringsmulighed. Opmærksomheden rettes mod realiserede afkast, som udtryk for det afkast man realistisk alternativt kan forvente, selvom der løbes en vis risiko. Endelig er det i en projektvurderingssammenhæng netto-afkastet, der er relevant, fordi projektets netto-benefits normalt opgøres fratrukket udgifter til vedligeholdelse, fornyelser og genanskaffelser, samt fordi projektets realkapital ved den anlagte tidshorisonts udløb normalt antages at være fuldt afskrevet.

De præsenterede reale udlånsrenter og obligationsrenter før skat angiver en undergrænse for dette afkast. Denne undergrænse ligger givetvis over 2 pct. og muligvis helt oppe på 8 pct. at dømme efter pengeinstitutternes reale udlånsrenter. De præsenterede reale afkastninger er ikke udtryk for marginale afkast, men er derimod gennemsnitlige. Hermed repræsenterer de - forudsat faldende marginalafkast - overkantsskøn for den marginale alternative afkast. Den gennemsnitlige reale netto-afkast i den ikke-finansielle sektor har i følge de præsenterede statistikker i de senere år ligget på 6 - 8 pct. Der kan derfor med nogen ret argumenteres for i projektvurderingssammenhæng at arbejde med en alternativafkast på dette niveau.

I Finansministeriet (1999) nås nogenlunde samme resultat ud fra overvejelser over det historiske reale gennemsnitlige totalafkast (inkl. udbytte) på aktier i perioden 1925 - 1997. Dette afkast angives med henvisning til Parum (1998) i den angivne periode at have ligget i intervallet 6 - 13 pct. Aktieafkastet benyttes som indikator på egenkapitalens forrentning. Der er tale om et underkantsskøn, fordi aktieafkastet opgøres efter selskabsskat. Som indikator på fremmedkapitalens forrentning benytter Finansministeriet virksomhedernes reale lånerente, der anslås at ligge i intervallet 4 - 6 pct. Med en egenkapitalandel på 40 pct., skønnes det gennemsnitlige realafkast på kapital på dette grundlag at være 6 - 11 pct.

Det kan imidlertid i høj grad diskuteres, om private virksomheders realafkast er en god indikator på projektets alternative netto-benefitstrøm. For det første er det ikke givet, at projektet nødvendigvis fortrænger investeringer i den private sektor - i hvert fald ikke i fuldt omfang. For det andet - og måske endnu mere væsentligt i denne sammenhæng - er de private virksomheders afkastrater udtryk for et budgetøkonomisk og ikke et velfærdsøkonomisk afkast. Når projektets netto-benefits opgøres efter velfærdsøkonomiske principper - herunder så vidt muligt inkl. værdien af projektets miljøkonsekvenser - bør den alternative netto-benefitstrøm selvsagt også opgøres efter disse principper. Det er imidlertid meget vanskeligt at pege på velegnede indikatorer for private og offentlige investeringers velfærdsøkonomiske afkast. Man kan muligvis få en ide herom ved at benytte principperne for beregningen af netto-afkastningsgrader for den ikke-finansielle sektor - jf. *afsnit 9.1.2* - idet der dog i stedet tages udgangspunkt i oplysninger om "den grønne bruttofaktorkomst", hvis det overhovedet har mening at beregne denne størrelse.

Det må også tages i betragtning, at mange miljøprojekters netto-benefits har karakter af ikke-markedsomsatte forbrugsgoder. Værdien heraf kan ikke på samme måde som private investeringers netto-afkast geninvesteres med henblik på at opnå yderligere afkast. Projektets indirekte konsekvenser for opsparings- og investeringsomfanget i samfundet kan således være helt central for vurderingen af dets fordelagtighed; men det er tvivlsomt om disse konsekvenser kan udtrykkes i én alternativ afkastrate.

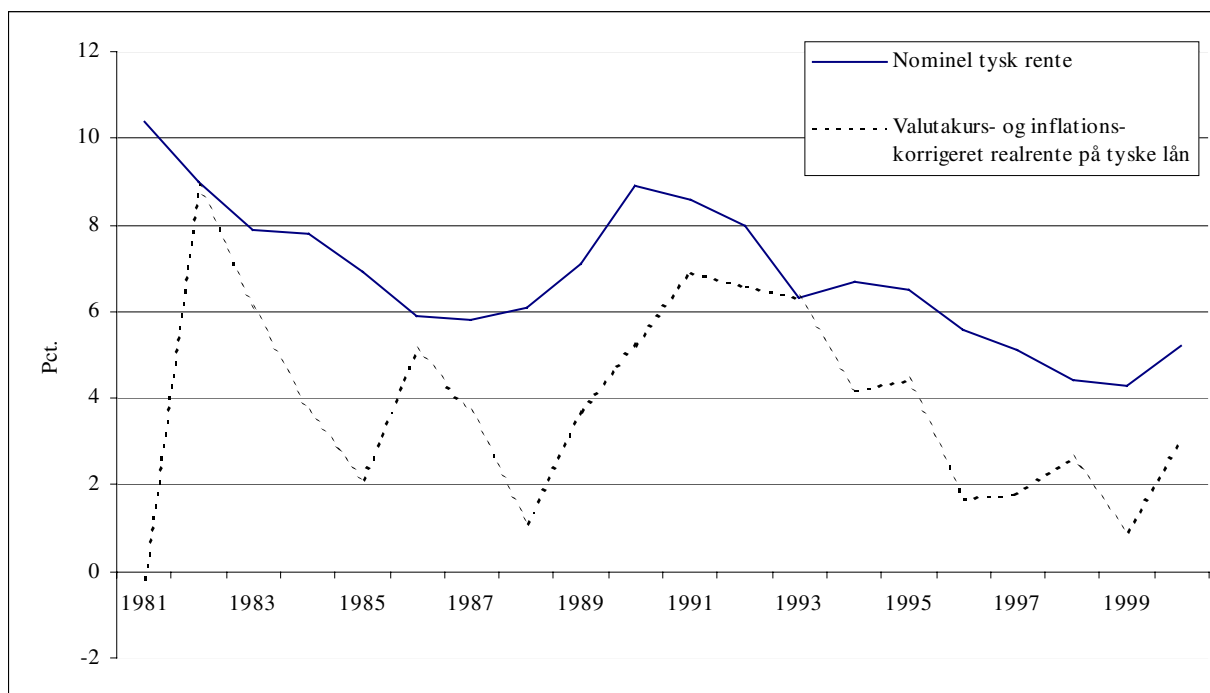
For en lille åben økonomi som den danske, er disse overvejelser måske knapt så afgørende - jf. *kapitel 5*. Det er altid muligt i stedet for at gennemføre projektet at udlåne de herved sparede midler til den eksogent givne internationale lånerente. Der kan derfor argumenteres for, at projektet for at være acceptabelt mindst skal give et afkast svarende til denne rente. Der kan også argumenteres for, at den internationale reale lånerente kan benyttes som indikator på den marginale reale afkastrate - jf. *kapitel 5*. Investorer vil investere i realkapital, så længe det forventede afkast heraf overstiger renten på de lån, som optages for at finansiere investeringen - jf. argumentationen i *afsnit 9.1.1* for at benytte bankernes udlånsrente som indikator på den alternative afkastrate.

9.2 Den internationale lånerente og statens lånerente

9.2.1 Den tyske realrente

Det er, selvom der som følge af de forholdsvis frie internationale kapitalbevægelser sker en betydelig udliggning af renteniveauerne i de enkelte lande, vanskeligt at opstille en statistik for "den internationale lånerente". Der foreligger heller ikke en sådan statistik. Det er dog muligt at danne sig et billede af renteniveauet på det internationale lånemarked ud fra de af Danmarks Statistik opstillede tidsserier for den effektive obligationsrente på statsobligationer i forskellige lande. I *figur 9.2.1* er der vist en tidsserie for den tyske rente i perioden 1981 - 2000. Denne rente er valgt, fordi den danske kronens værdi i det meste af den betragtede periode har været nogenlunde stabil i forhold til den tyske D-mark. Herved kompliceres beregningen af den faktiske reale lånerente for en dansk låntager ikke i nævneværdig grad af udsving i valutakursen.

Det må erindres, at de økonomiske agenter formentlig reagerer på den forventede realrente - jf. *afsnit 9.1.1*. Det bør derfor være den forventede udenlandske realrente, der benyttes som indikator på den marginale alternative afkastrate. Inflationsforventningerne kan med rimelighed antages at være adaptive, og i så fald vil den gennemsnitlige forventede realrente stort set svare til den gennemsnitlige faktiske realrente. Forventningerne til udviklingen i valutakurserne kan derimod formentlig ikke i samme grad antages at være adaptive - især ikke når det gælder valutaer, hvis kurser svinger meget. De gennemsnitlige forventede valutakursjusterede udenlandske renter svarer derfor næppe til de faktiske valutakursjusterede renter for sådanne valutaer. Af denne grund er det her valgt at se bort fra den amerikanske rente, der ellers må antages at være den mest to-neangivende internationale rente. På længere sigt vil den lange Eurorente formentlig fra en dansk synspunkt kunne benyttes som en god indikator på den internationale rente.



Figur 9.2.1 Realrente på tyske lån

Kilde: Statistisk tiårsoversigt

Anm: De angivne renter fremgår af tabel 7 i appendiks 9.1

Af figur 9.2.1 og tabel 7 i appendiks 9.1 fremgår det, at den nominelle rente i Tyskland har ligget på i gennemsnit 6,8 pct. Denne rente afspejler inflationen i Tyskland. Hvis den samtidig antages at indikere det renteniveau, hvortil danske investorer kan optage lån eller udlåne i D-mark, kan der ud fra inflationen i Danmark og udviklingen i valutakursen på D-mark beregnes en realrente, som investorerne faktisk kommer til at betale for eller opnår på sådanne lån.

De beregnede kursjusterede realrenter er også vist i figuren. Det ses, at realrenten for et D-mark lån i gennemsnit har ligget på ca. 4 pct. Dette er et noget lavere niveau end den indenlandske obligationsrente på gennemsnitlig 6,5 pct. for den samme periode - jf. afsnit 9.1.1. Dette tyder på, at danske investorer er i stand til at optage lån i udlandet og udlåne hertil til en realrente, der er lavere den indenlandske lånerente.

Ser man bort fra kursjusteringerne, som investorerne muligvis i nogen udstrækning har mulighed for at dække ind, ligger den gennemsnitlige reale D-markrente for perioden helt nede på 2,8 pct. Denne rente afspejler dog inflationen i Danmark, hvis størrelse i forhold til inflationen har betydning for valutakursudviklingen. Nationalbanken har beregnet realrenten i Tyskland ud fra inflationsraten her - jf. Pedersen (2001). For perioden 1962 - 2000 var den gennemsnitlige realrente i Tyskland 3,9 pct., mens den for perioden 1981 - 2000 var oppe på 4,4 pct.

Der synes alt i alt at være belæg for at formode, at danske investorer kan optage lån i eller udlåne til udlandet til en realrente på i gennemsnit omkring 4 pct. Denne rente kan som omtalt benyttes som mindstekrav til den velfærdsøkonomiske forrentning af projekter.

9.2.2 Statens lånerente

Der kan også argumenteres for, at et statsligt projekt mindst bør give et netto-afkast, som kan forrente et lån svarende til finansieringen af projektets udgifter til realkapital. Hermed bliver det muligt at gennemføre projektet uden udskrivning af ekstra skatter. Det er dog tvivlsomt, om denne budgetøkonomiske betragtningsmåde er særlig relevant i en velfærdsøkonomisk sammenhæng.

For det første giver det betragtede projekts benefits ikke nødvendigvis anledning til indtægter, som kan benyttes til rentebetalinger. For det andet repræsenterer statens lånerente ikke nødvendigvis afkastet på de al-

ternative investeringer, som reduceres gennem långivningen. Der kan dog som omtalt argumenteres for, at det marginale netto-afkast mindst må svare til lånerenten; thi det er altid muligt alternativt at udlåne til denne rente. Måske kan statens lånerente også siges at være udtryk for de samfundsmæssige forbrugstidspræferencer udtrykt gennem de valgte politikeres valg mellem nutidigt og fremtidigt forbrug - jf. i øvrigt *afsnit 9.3*.

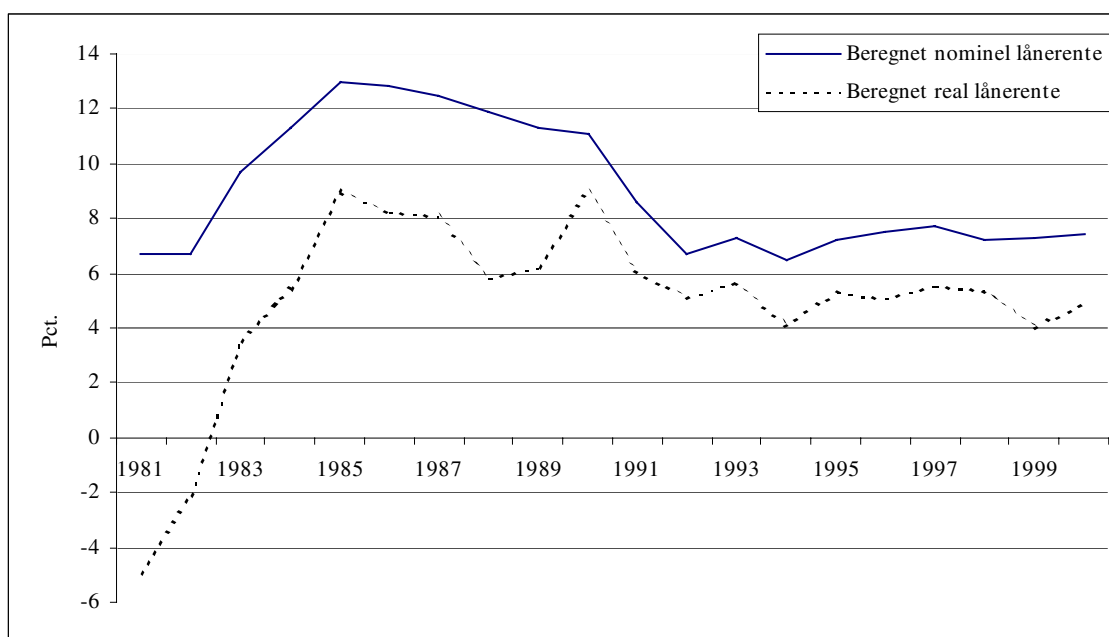
Der kan benyttes to indikatorer på statens reale lånerente:

- Realrenten på statsobligationer
- Statens gennemsnitlige reale lånerente opgjort som forholdet mellem årets netto-renteudgifter og netto-gælden

Nationalbankens beregnede realrente på tiårige statsobligationer blev præsenteret i *afsnit 9.1.1*. Det fremgik, at denne rente i perioden 1960 - 2001 har ligget på godt 5 pct. - jf. *figur 9.1.1*. Denne rente repræsenterer imidlertid kun én - omend særdeles tungtvejende - af de låneformer, som staten kan vælge. Derfor undersøges i det følgende, hvilken rente staten faktisk i gennemsnit betaler på sine lån, og hvilken rente staten har mulighed for at låne eller udlåne til på det internationale lånemarked.

I *tabel 8* i *appendiks 9.1* er der for perioden 1981 - 2000 hhv. opstillet sammenhængende serier for statens netto-rentebetalinger i løbet af året og netto-gæld ultimo året. På dette grundlag er den hertil svarede realrente beregnet som forholdet mellem rentebetalingerne i et givet år deflateret med årets inflationsrate og netto-gælden ultimo året før. De beregnede årlige reale lånerenter er vist i *figur 9.2.2*.

Beregningerne viser, at den gennemsnitlige realrente i den betragtede periode har ligget på 5 pct. - altså tilsyneladende fuldstændigt svarende til den reale rente for 10 årige statsobligationer, jf. *afsnit 9.1.1*. Det bør dog erindres, at den gennemsnitlige realrente for statsobligationer var beregnet for perioden 1960 - 2000. Ser man alene på perioden 1981 - 2000, for hvilken lånerenten beregnes, ligger den gennemsnitlige reale obligationsrente på 6,5 pct. - altså lidt højere end lånerenten. Dette tyder på, at staten er i stand til at optage lån med renter, der ligger lidt under den indenlandske obligationsrente - bl.a. i udlandet.



Figur 9.2.1 Den beregnede gennemsnitlige rente på statens lån

Kilde: Statistisk tiårsoversigt

Anm: De angivne renter fremgår af tabel 8 i appendiks 9.1

9.3 Forbrugsdiskonteringsraten

De velfærdøkonomiske netto-benefits repræsenterer reelt den værdi, som befolkningen tillægger projektets konsekvenser for forbrugsmulighederne. Når projektets netto-benefits falder på forskellige tidspunkter, bliver der derfor tale om at vælge mellem forbrug på hvert af disse tidspunkter.

Forbrugerne står til stadighed over for et tilsvarende valg, når de skal vælge mellem enten at benytte deres indkomst til forbrug nu eller at spare noget af den op. Vælger de at udskyde forbruget lider de umiddelbart et tab; men til gengæld vil det opsparede beløb afkaste en forrentning, som forøger de fremtidige forbrugsmuligheder. Forbrugernes opsparingsrente kan derfor fortolkes som en kompensation for at udskyde forbruget, og der kan på dette grundlag argumenteres for at benytte den som indikator på forbrugsdiskonteringsraten.

Omvendt kan forbrugerne også vælge at fremskynde deres forbrug gennem optagelse af lån. Herved udviser de villighed til at give afkald på fremtidige forbrugsmuligheder med henblik på at opnå et øjeblikkeligt forbrug. Forbrugernes lånerente kan derfor tilsvarende benyttes som indikator på forbrugsdiskonteringsraten.

Forbrugernes forrentning af deres opsparing og lån svarer til de reale markedsrenter efter skat på forskellige typer af finansielle fordringer. I det følgende præsenteres derfor en række forskellige reale markedsrenter, som samlet set kan benyttes som indikatorer på forbrugsdiskonteringsraten:

- Obligationsrenten
- Pengeinstitutternes indlåns- og udlånsrente

Forbrugstidspræferencerne har givetvis også betydning for personers valg af pensionsopsparing - dvs. forrentningen af denne kan muligvis også benyttes som indikator på disse. To forhold taler dog imod at benytte denne indikator. For det første er det vanskeligt, at indhente information om, hvilken forrentning pensionsopsparerne rent faktisk opnår - endsige hvad de forventer eller har forventet at opnå. For det andet er pensionsopsparing formentlig ikke en marginal opsparingsform for forbrugerne. De vælger sandsynligvis i stedet enten at ændre obligationsbeholdningen eller at ændre netto-lånepositionen i pengeinstitutterne. Renterne på disse opsparings- og låneformer er derfor bedre indikatorer på forbrugernes marginale forbrugstidspræferencer end forrentningen af pensionsopsparingen.

I det følgende præsenteres i de fleste tilfælde faktisk realiserede realrenter - dvs. nominelle renter korrigeret for den faktiske inflation. Reelt må forbrugerne antages at vælge og dermed udtrykke deres tidspræferencer ud fra deres forventninger til realrentens størrelse - dvs. ud fra den nominelle rente korrigeret for inflationsforventningerne. Det er imidlertid vanskeligt at afsløre disse forventninger i praksis, og set over en længere tidshorisont kan man muligvis antage, at forventningerne stort set tilpasser sig den faktiske inflation. Er dette tilfældet vil den gennemsnitlige faktiske og forventede realrente nogenlunde svare til hinanden.

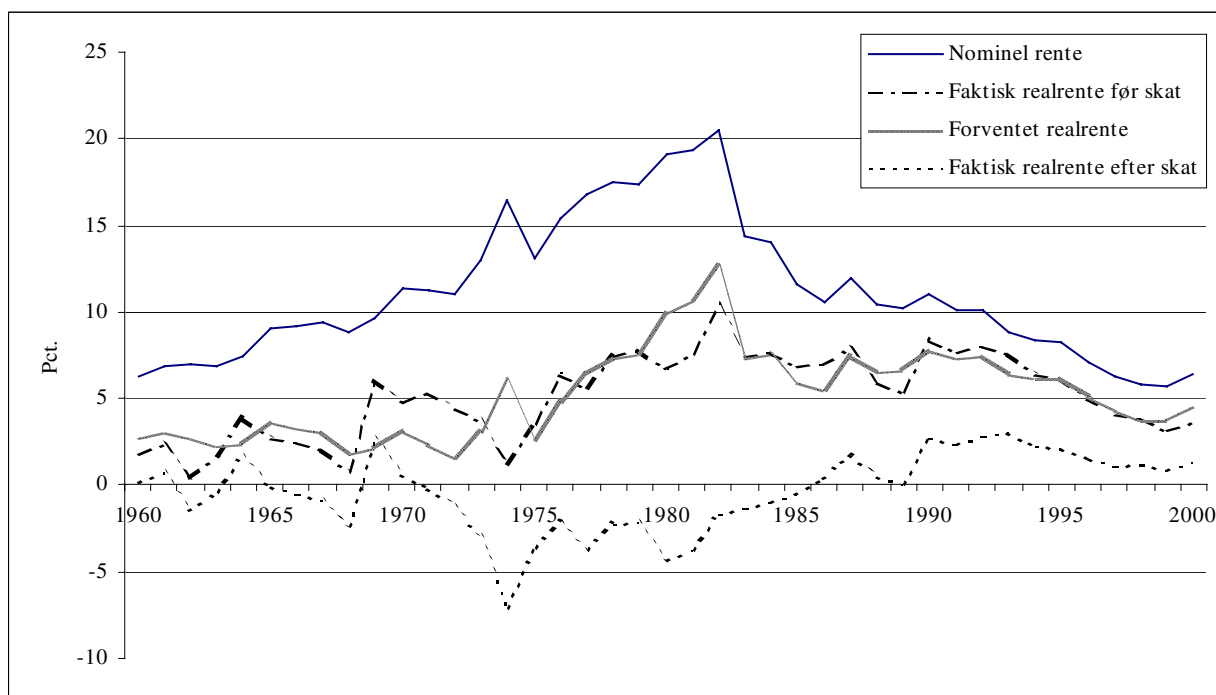
Præsentationen af de forskellige reale markedsrenter efter skat suppleres med en omtale af resultaterne fra andre indirekte og direkte metoder til afsløring af forbrugernes tidspræferencer. Endelig omtales mulighederne for at beregne forbrugsdiskonteringsraten ud fra den i *afsnit 3.1* opstillede formel.

9.3.1 10-årig statsobligationsrente - Nationalbankens beregninger

Nationalbanken har for perioden 1960 - 2000 beregnet den reale effektive rente på 10-årige statsobligationer - jf. Pedersen (2001). De beregnede renter er vist i *figur 9.3.1*. Det ses, at den nominelle effektive rente har varieret mellem det laveste niveau i 1999 på 5,7 pct. og det rekordhøje niveau på 20,5 pct. i 1982. I gennemsnit har renten ligget på godt 11 pct - jf. også *tabel 9* i *appendiks 9.1*.

Den faktiske realrente er beregnet ved at korrigere den nominelle rente for prisstigningstakten opgjort som stigningen i forbrugerprisindekset. Det ses, at den faktiske realrente har varieret mellem 0,4 pct. i 1962 og 10,4 pct i 1982. I gennemsnit har den ligget på godt 5 pct.

Den faktiske realrente opgøres ex post. Det må imidlertid antages, at agenterne reagerer på den forventede realrente. Denne beregnes ved at korrigere den nominelle rente for inflationsforventningerne. Den forventede inflationsrate kan ikke direkte observeres; men Nationalbanken har forsøgt at skønne over den ved at udglatte de faktiske inflationsrater gennem brug af et såkaldt HP-filter - jf. Hodrick & Prescott (1997). Tankegangen er, at inflationsforventningerne afspejler og tilpasser sig tidligere tiders faktiske inflationsrater. Korrigeres de faktiske nominelle renter med de udglattede inflationsrater, opnås et skøn for den forventede realrente. Denne ses at udvise mindre udsving end den faktiske realrente, mens den gennemsnitlige faktiske og forventede realrente set over så relativt langt perspektiv selvsagt er nogenlunde ens.



Tabel 9.3.1 Effektiv rente 10-årig statsobligation

Kilde: Erik Haller Pedersen (2001)

Anm: De angivne renter fremgår af tabel 9 i appendiks 9.1

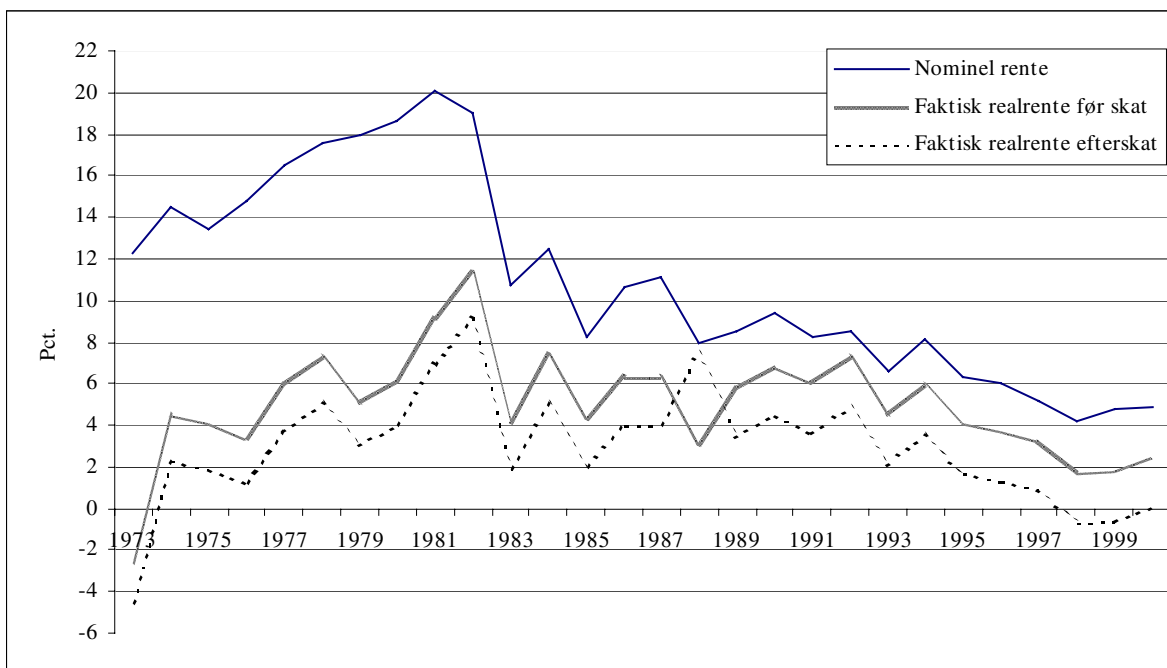
Det har vist sig, at den således beregnede forventede realrente efter fratæk af skat helt som forventet langt bedre forklarer udviklingen i opsparingsoverskuddet end den faktiske realrente efter skat - jf. Knudsen (2002). Det er altså den forventede realrente efter skat, agenterne tilsyneladende reagerer på. Dette er et argument for at benytte denne rente som indikator på agenternes tidspræferencerate.

I figur 9.3.1 er der derfor også vist Nationalbankens beregnede faktiske realrente efter skat. Den gennemsnitlige faktiske rente, der svarer til den gennemsnitlige forventede rente, viser sig over den valgte 40-årige periode at have ligget på -0,3 pct. Dette indikerer, at agenternes forbrugsdiskonteringsrate, i den betragtede periode har været meget lav - i hvert fald for de agenter, der har erhvervet de pågældende obligationer.

Nu afhænger den reale rente efter skat i høj grad af den pågældende obligations pålydende rente. Der er derfor i det følgende beregnet realrenter for en anden obligation, end dem Nationalbanken har benyttet.

9.3.2 Effektiv rente på statslånsobligation - 4 pct. S2017

Danmarks Statistik har fulgt udviklingen i den nominelle effektive rente for én bestemt statsobligation - nemlig en statsobligation med 4 pct. i pålydende rente og en løbetid frem til år 2017. Renteserien dækker perioden 1973 - 2001, og der er tale om den længste serie for samme obligation, som Danmarks Statistik har opstillet. Serien er vist i figur 9.3.2.



Figur 9.3.2 Effektiv rente på statsobligation 4 pct. 2017

Kilde: Statistisk tiårsoversigt, Statistisk årbog og egne beregninger

Anm: De angivne renter fremgår af tabel 10 i appendiks 9.1

Den nominelle effektive rente, der er opgjort ultimo året varierer mellem 4,2 pct. ultimo 1998 og 20,1 pct. ultimo 1981. I gennemsnit har renten ligget på 10,7 pct. - jf. *tabel 10* i *appendiks 9.1*. I forhold til den af Nationalbanken opstillede serie er der kun tale om forventelige forskelle. Selvom DS's serie ikke omfatter årene 1960 - 1972 med relativt lave renter, er den gennemsnitlige rente for denne serie alligevel mindre end for Nationalbankens. Dette skyldes som bekendt at renten på relativt korte obligationer pga. kursrisikoen altid vil være lavere end på relativt lange obligationer.

Den faktiske realrente før skat er beregnet ved at korrigere de angivne nominelle ultimo-renter med inflationsraten opgjort som stigningen i det gennemsnitlige forbrugerprisindeks fra det pågældende år til året efter. Det ses, at realrenten for denne serie varierer mellem -2,6 pct. ultimo 1973 og 11,3 pct. ultimo 1982. I gennemsnit har realrenten ligget på 5,0 pct. - altså igen en smule lavere end for Nationalbankens serie.

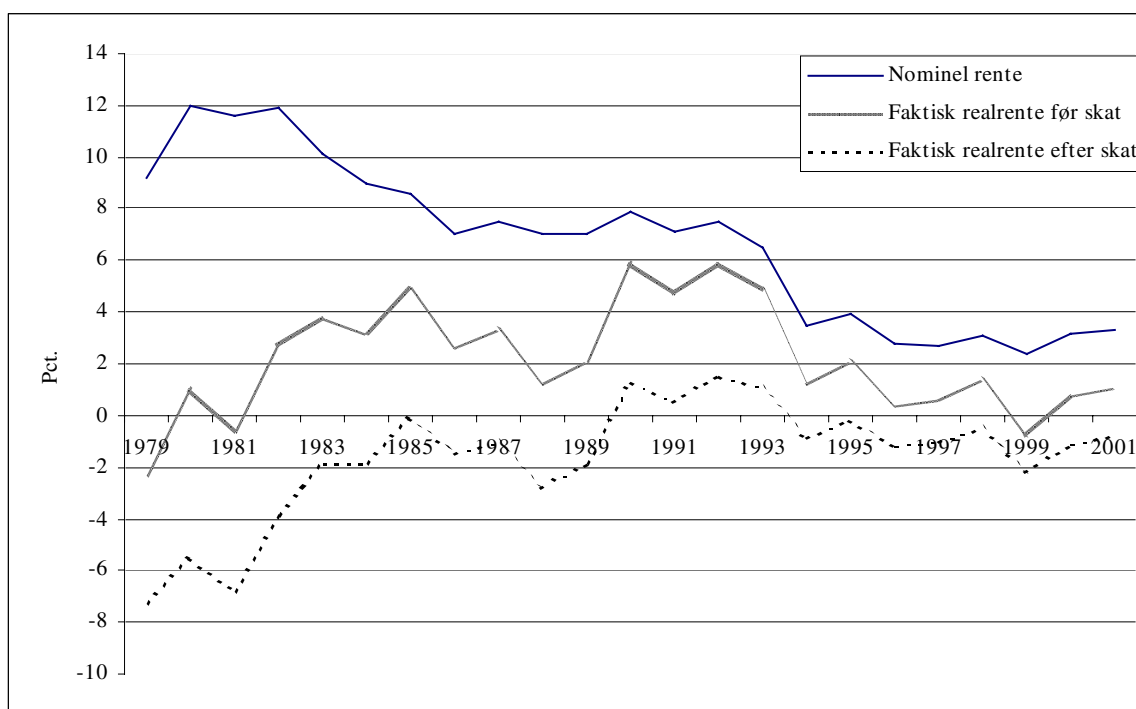
Den væsentligste forskel mellem de to serier viser sig i opgørelsen af realrenten efter skat. I den viste beregning er der forudsat en marginal skattesats på 60 pct. Den beregnede realrente efter skat afspejler altså den rente, en privat opsparer kan opnå ved at købe den pågældende obligation. Med den antagne skattesats opnås en realrente efter skat, der varierer mellem -4,6 pct. ultimo 1973 og 9,1 pct. ultimo 1982. I gennemsnit har realrenten efter skat ligget på 2,7 pct. Benyttes i stedet de af Nationalbanken anvendte skattefradragssatser, opnås en gennemsnitlig realrente efter skat på 2,9 pct. Denne rente afspejler lånerenten efter skat for en privat låntager.

Beregnes realrenten efter skat med udgangspunkt i den af DS opstillede renteserie for en 4 pct.'s statsobligation med en løbetid til 2017 opnås altså renter, der i gennemsnit ligger ca. 3 pct. højere end de af Nationalbanken beregnede realrenter. Dette tyder på, at private opsparere og låntagere trods alt har positive forbrugsdiskonteringsrater, og at disse i den betragtede periode har ligget i størrelsesordenen 3 pct.

9.3.3 Pengeinstitutternes indlåns- og udlånsrente

Med henblik på at supplere billedet af, hvilke realrenter efter skat private opsparere kan opnå og private låntagere må betale er der i *figur 9.3.3* og *9.3.4* hhv. vist realrenter for pengeinstitutternes indlån og udlån. Beregningerne er foretaget for perioden 1979 - 2001, som er den længste periode, for hvilken Danmarks Statistik har opstillet nogenlunde sammenlignelige renteserier.

Det ses, at den gennemsnitlige nominelle effektive indlånsrente i den betragtede periode har varieret mellem 2,4 pct. i 1999 og 12,0 pct i 1980. I gennemsnit har renten ligget på 6,7 pct. - jf. tabel 11 i appendiks 9.1.



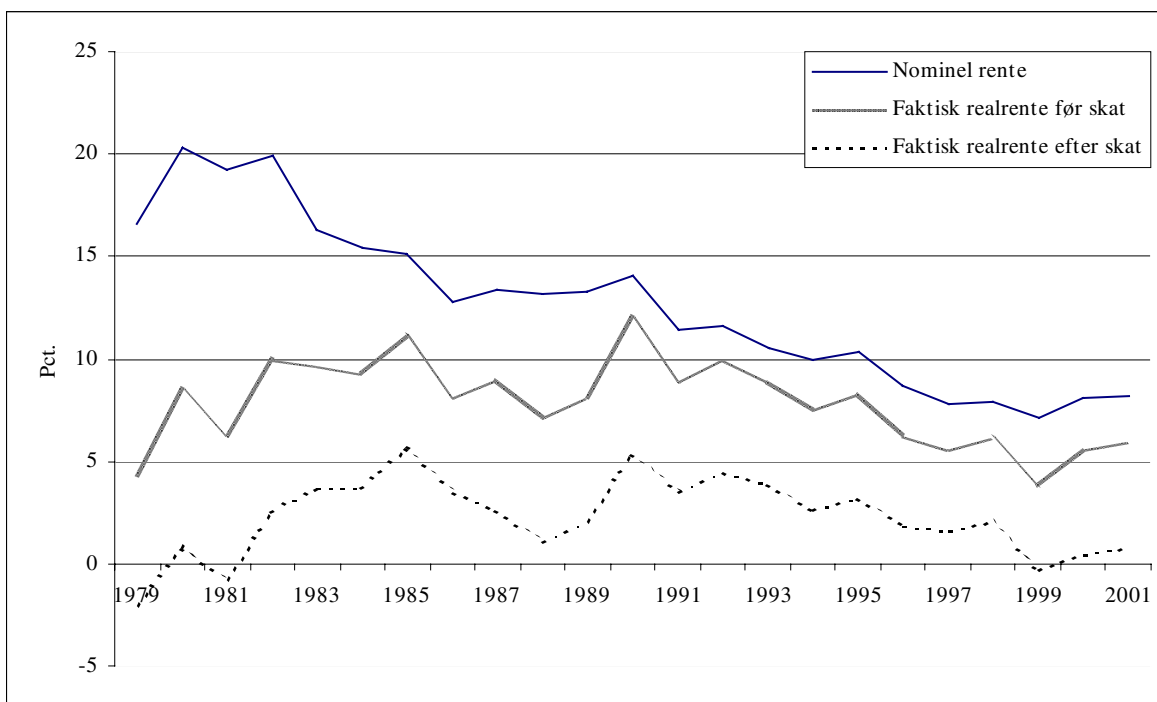
Figur 9.3.3 Effektiv indlånsrente i pengeinstitutterne

Kilde: Statistisk tiårsoversigt og Statistisk Årbog

Anm: For årene 1984-2001 er tallene direkte oplyst i Statistisk tiårsoversigt. For årene 1973-1983 er tallene beregnet som et simpelt gennemsnit af renten på anfordring uden checks og renten på indlån med opsigelsesvarsel og særlige indlånsformer. De angivne renter fremgår af tabel 11 i appendiks 9.1

Da renterne er oplyst som gennemsnit for året, er det valgt at beregne inflationsraterne som stigningen i forbrugerprisindekset fra december måned det foregående år til december måned det pågældende år. Denne stigningsprocent afspejler inflationsraten over det pågældende år. Korrigeres de angivne nominelle renter hermed, fås de tilsvarende faktiske realrenter før skat. Disse ses at variere mellem -2,3 pct. i 1979 og 5,9 pct. i 1990 og 1992. Periodens gennemsnitlige reale indlånsrente før skat er 2,2 pct.

For en rationel privat opsparer er det imidlertid realrenten efter skat, der er relevant. Denne rente bør være højere end vedkommendes forbrugsdiskonteringsrate, for at der skal være incitament til at spare op. Det viser sig imidlertid, at den reale indlånsrente efter fratæk af en marginal skat på 60 pct. i gennemsnit har været negativ -1,7 pct. Selv med lavere marginalsat er der altså ikke meget der tyder på, at de personer, som har sat penge i pengeinstitutterne, har haft positive forbrugsdiskonteringsrater - forudsat, at de overhovedet har haft overvejelser i denne retning.



Figur 9.3.4 Effektiv udlånsrente i pengeinstitutterne

Kilde: Statistisk tiårsoversigt

Anm: For årene 1984-2001 er tallene direkte oplyst i Statistisk tiårsoversigt. For årene 1973-1983 er tallene beregnet som et simpelt gennemsnit af kassekreditrenten og renten på andre udlån. De angivne renter fremgår af tabel 12 i appendiks 9.1

Ser man i stedet på den rente, som private låntagere har skullet betale over den betragtede periode, tegner der sig et lidt andet billede - jf. figur 9.3.4 og tabel 12 i appendiks 9.1. Den nominelle udlånsrente har varieret mellem 7,1 pct. i 1999 og 20,3 pct. i 1980. I gennemsnit har renten ligget på 12,7 pct. Den faktiske realrente før skat har varieret mellem 4,3 pct. i 1979 og 12,0 pct. i 1990 med et gennemsnit på 7,8 pct. Låntagernes faktiske renteburde svarende til realrenten efter fratræk af det skattemæssige rentefradrag har dog kun i gennemsnit udgjort 2,3 pct. Dette kan tages som indikator på, at låntagernes forbrugsdiskonteringsrate er højere end denne procentsats, som de er villige til at betale for at kunne fremskynde deres forbrug. At personers forbrugsdiskonteringsrate faktisk kan være meget høj understreges af resultaterne fra interviewundersøgelser og konstruerede forsøg, som omtales i det følgende afsnit.

9.3.4 Forbrugsdiskonteringsraten udtrykt i interviewundersøgelser og konstruerede forsøg

I Fredrick, Loewenstein & O'Donoghue (2002) præsenteres en grundig oversigt over de seneste 60 års forskning i forbrugstidspræferencer. Udgangspunktet for forskningen har været "Discounted utility modellen" (DU-modellen) som Paul Samuelson introducerede i 1937. Der er i følge forfatterne ikke siden blevet rejst alvorlig tvivl om modellens evne til at forklare forbrugeres valg over tid, hvilket forfatterne anser for særdeles uheldigt. De anser valget over tid for bestemt af så mange forskellige motiver, at disse næppe kan kondenseres i en enkelt diskonteringsrate.

DU-modellen er formuleret i nytte, og dens diskonteringsrate er derfor udtryk for nyttetidspræference - jf. afsnit 9.4. Når Fredrick, Loewenstein & O'Donoghue's artikel alligevel omtales her i forbindelse med forbrugsdiskonteringsraten, skyldes det, at meget af det empiriske materiale, de omtaler, især er relevant i relation hertil.

Grundlæggende bestemmes det intertemporale valg af to grupper af motiver, der hhv. fremmer og begrænser det effektive ønske om at spare op. Opsparingen fremmes af ønsket om at testamentere til eftertiden og af ønsket om at udvise selvbeherskelse. Opsparingen begrænses af erkendelsen af livets usikkerhed og glæden ved at forbruge nu. Afgørende for den enkelte persons valg er også evnen til at forstille sig fremtidige nytteændringer og forventningens glæde herved samt den følelse af tab, som personen oplever ved at skulle ud-

sætte forbruget. Endelig spiller forventningerne til den fremtidige velfærd også en rolle for, hvor stor vægt nutidigt forbrug tillægges i forhold til fremtidigt.

Det er alle disse motiver, som sammenfattes i DU-modellens nytte- eller forbrugsdiskonteringsrate. Modellen bygger imidlertid på en række særdeles tvivlsomme antagelser, hvilket muligvis forklarer dens ringe overensstemmelse med forbrugeres direkte udtrykte tidspræferencer - jf. nedenfor:

- Forbrugerne antages at vurdere nye forbrugsmuligheder i forhold til eksisterende forbrugsplaner og at vælge den plan, som har den største nutidsværdi. Det er imidlertid langt fra sikkert, at forbrugerne opfører sig så "rationelt".
- Forbrugerne antages alene at vælge ud fra nutidsværdien af forbrugsstrømmen og at se bort fra forbrugsprofilens form, hvilket ikke forekommer sandsynligt.
- Nyttens af forbruget i forskellige perioder anses for uafhængige af hinanden, hvilket formentlig ikke altid er korrekt. Nyttens af det, man forbruger i dag, kan udmærket afhænge af, hvad man forbrugte i går.
- Præferencerne over for det aktuelle forbrug i en given periode antages uændrede over tid, hvilket formentlig sjældent er tilfældet, fordi personer normalt ændrer smag og ikke mindst tidspræferencer med alderen - jf. Lau (2001).
- Der skelnes ikke mellem tidspræferencer over for forskellige typer af forbrug. Det er imidlertid sandsynligt, at forbrugerne har stærkere tidspræferencer over for visse typer af forbrug end over for andre - fx er man måske mere uvillig til at udsætte en fristende middag end til at vente med købe et nyt jakkesæt.
- DU-modellen forudsætter en konstant diskonteringsrate, hvilket er udtryk for konsistens i valget over tid. Der er imidlertid også andre mulige diskonteringsfunktioner - fx hyperbolsk diskontering, hvor diskonteringsraten er faldende over tid, således at fremtidigt forbrug tillægges større vægt end i DU-modellen, jf. *kapitel 13*.
- DU-modellen antager, at forbrugerne har positive nyttetidspræferencer; argumentationen herfor er svag - jf. *afsnit 9.4*.

Fredrick, Loewenstein & O'Donoghue (2002) fremlægger resultater fra en række empiriske undersøgelser, der alle stiller spørgsmålstejn ved DU-modellen som deskriptiv model for forbrugeres intertemporale valg. Undersøgelserne har vist:

- At hyperbolsk diskontering i mange tilfælde - især på relativt kort sigt - giver en langt mere adækvat beskrivelse af forbrugernes valg.
- At forbrugerne ofte udtrykker såkaldt "subadditiv diskontering" - dvs. den samlede diskontering over en given periode vokser med antallet af delperioder, denne opdeles i. Dette er i øvrigt i modstrid med hyperbolsk diskontering.
- At gevinster diskonteres mere end tab.
- At små nytte- eller forbrugsændringer diskonteres mere end store.
- At forbrugerne kræver større kompensation for en forsinkelse end de er villige til at betale for en fremskyndelse af forbrug.
- At forbrugere foretrækker en voksende forbrugsprofil for en faldende.
- At diskonteringen af et givet forbrug ofte afhænger af, hvilken forbrugssammenhæng det i øvrigt indgår i.

Måske vigtigst af alt: Forbrugerne opfatter sjældent deres valgt som fejltagtige eller irrationelle, når de konfronteres med DU-modellen og bliver gjort opmærksom på, at de ikke følger dennes rationalitet.

Fredrick, Loewenstein & O'Donoghue (2002) omtaler herefter en række modeller, som tager højde for nogle af de observerede anomalier i forhold til DU-modellen. Det vil føre for vidt, at omtale alle disse modeller på dette sted, og der er da heller ingen af dem, som kan forklare alle de observerede valg. Forfatterne konkluderer derfor også, at en mere komplet beskrivelse af forbrugernes intertemporale valg formentlig kræver en kombination af flere af modellerne.

De refererede resultater rejser i høj grad tvivl, om den reale markedsrente efter skat reelt er en særlig god indikator for forbrugsdiskonteringsraten. For at dette skal være tilfældet, bør forbrugerne i langt højere grad handle i overensstemmelse med DU-modellen. Når de ikke gør dette, hænger det muligvis sammen med, at

de ikke i tilstrækkelig grad er opmærksom på mulighederne for at fordele forbruget over tid gennem transaktioner på de finansielle markeder eller i det hele taget baserer deres valg på helt andre betragtninger.

At dette sandsynligvis er tilfældet understreges i høj grad af de resultater Fredrick, Loewenstein & O'Donoghue fremlægger fra en lang række indirekte og direkte bestemmelser af personers forbrugsdiskonteringsrate. Resultaterne er hentet fra:

- *Field Studies* hvor implicite forbrugsdiskonteringsrater fx udledes ud fra personers valg mellem dyre energisparepærer og almindelige billige elpærer, udledes ud fra den relative løn i forholdsvis ufarlige job og farlige job, som nedsætter den forventede levetid, samt imputeres ud fra estimation af opsparingsadfærden i livcyklusmodeller. Disse former for indirekte bestemmelse af forbrugsdiskonteringsraten forudsætter alle, at personerne handler økonomisk rationelt, og dette kan der som bekendt stilles spørgsmålstegn ved.
- *Experimental Studies* hvor personer stilles i konstruerede valgsituationer - fx valg mellem x kroner i dag og y kroner om en måned, eller angivelse af hvor mange kroner man skal have om et år for at give afkald på x kroner nu eller blot angivelse af hvor meget man vil betale for at opnå en given forbrugsmulighed på et givet tidspunkt. Sådanne undersøgelser er selvsagt forbundet med alle de problemer, som traditionelt forbindes med interviewundersøgelser - sml. prissætning af miljøgoder gennem contingent valuation.

De refererede undersøgelser har resulteret i årlige diskonteringsrater, der spænder lige fra 0 pct. til ∞ . Generelt gælder det altså, at resultaterne udviser en enorm variation. Hertil kommer, at der ikke er tegn på, at det interval, hvori resultaterne befinder sig, indsnævres over tid. Der synes altså ikke at være sket metodiske fremskridt. Endelig er høje diskonteringsrater klart dominerende.

Fredrick, Loewenstein & O'Donoghue konkluderer, at resultaterne formentlig i høj grad kan forklares af en række andre motiver end lige netop specifikke tidspræferencer. De peger på, at:

- Tidsmæssige valg afhænger af, hvilke goder der skal vælges mellem - især er der forskel på at skulle vælge mellem penge på forskellige tidspunkter og ikke umiddelbart omsættelige goder såsom fødevarer og sundhedsrisici.
- Undersøgelserne ikke i tilstrækkelig grad har skelnet mellem forbrugsvalg og nyttevalg. Det kan have stor betydning for de udtrykte præferencer, at den marginale nytte af forbrug eller indkomst er faldende.
- De adspurgte kan i forskellig grad være usikre på, om de vil modtage de lovede indkomst- eller forbrugsændringer.
- De adspurgtes inflationsforventninger har betydning for de udtrykte tidspræferencer.
- De adspurgtes forventninger til deres fremtidige velfærdsmæssige situation i øvrigt har betydning for de udtrykte tidspræferencer.
- Forbrugerne formentlig slet ikke foretager intertemporale valg med udgangspunkt i DU-modellen - jf. de tidligere omtalte resultater.

Ikke alle disse forklaringer forekommer lige overbevisende. Det synes i hvert muligt ved udformningen af de empiriske undersøgelser at tage højde for nogle af de forstyrrende faktorer - fx bede de adspurgte om at se bort fra inflationsforventninger og forventninger til fremtidige velfærdsstigninger. Forfatterne har dog nok ret, når de konkluderer, at motiverne bag tidsmæssige valg formentlig er langt mere komplekse, end det er muligt at sammenfatte i en enkelt konstant diskonteringsrate, der dækker alle nytte- eller forbrugsændringer, uanset hvorledes de skabes. De taler derfor varmt for at opgive DU-modellen som indgang til forståelsen af intertemporale valg og i stedet anlægge det, de kalder et "multiple-motive approach".

Der er for nyligt gennemført et dansk eksperiment med henblik på at afsløre individers forbrugsdiskonteringsrate - jf. Lau (2001). Analysen resulterede i en gennemsnitlig diskonteringsrate på omkring 40 pct. Dette resultat tillægges dog ikke nogen videre betydning. Det afgørende er, at eksperimentet viser, at diskonteringsraten varierer med alderen. Yngre personer tillægger fremtidige forbrugsmuligheder mindre betydning end ældre, og de har derfor relativt større diskonteringsrate. I simulationer med dynamiske livscyklusmodeller har det betydning for konsekvenserne af økonomisk politiske indgreb, at forskellige generationer som følge af forskellige tidspræferencer reagerer forskelligt herpå. I konkrete simulationer benyttes i

Lau (2001) en forbrugsdiskonteringsrate på 3 pct. i de første 30 år af en persons liv og 2,25 pct. for de sidste 40 år.

Der er ikke tvivl om at den simple DU-model er under pres som udgangspunkt for beskrivelsen af personers intertemporale valg. Det er imidlertid et problem, at der endnu ikke er udviklet en oplagt alternativ model. Hertil kommer, at det er meget tvivlsomt om personers faktiske tidspræferencer overhovedet er relevante i en normativ sammenhæng på samfundsniveau - jf. *kapitel 2* og *3* samt *afsnit 9.4*.

9.3.5 Forbrugsdiskonteringsraten beregnet ud fra formlen herfor

Ud over direkte eller indirekte at skønne over forbrugsdiskonteringsraten ud fra markedsrenter, anden markedsadfærd og konstruerede eksperimenter, kan man også forsøge at regne sig frem hertil ved at benytte den i *afsnit 3.1* opstillede formel.

$$i = v \cdot \frac{\dot{c}}{c} + \rho$$

Hvor i er forbrugsdiskonteringsraten, v er elasticiteten for den marginale nytte af forbrug, $\frac{\dot{c}}{c}$ er den forventede vækst i realforbruget, og ρ er den individuelle nyttediskonteringsrate.

Formlens anvendelighed som udgangspunkt for fastsættelsen af personers forbrugsdiskonteringsrate forudsætter selvsagt, at personerne faktisk handler i overensstemmelse med DU-modellen, hvilket som omtalt i *afsnit 9.3.3* kan betvivles. Til gengæld forekommer det rimeligt i en normativ velfærdsøkonomisk sammenhæng at anvende en forbrugsdiskonteringsrate, der afspejler, at fremtidige personer forventes at være bedre stillet i forbrugsmæssig henseende. Formlen kan derfor anvendes i en sådan sammenhæng.

Dette forudsætter imidlertid, at man har kendskab til værdien af formlens parametre og variable. Der er formentlig bedst empirisk belæg for at skønne over den forventede vækst i realforbruget $\frac{\dot{c}}{c}$. Det forekommer rimeligt at antage, at denne størrelse nogenlunde svarer til den hidtidigt oplevede årlige vækst i forbruget - dvs. 1 - 3 pct. Elasticiteten for den marginale nytte af forbrug v er vanskeligere at skønne over. I Stiglitz (1982) anvendes som eksempel en numerisk værdi på 2; hvilket umiddelbart forekommer temmelig højt. Endelig er der formentlig ikke noget empirisk belæg for at kvantificere den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate ρ . Fredrick, Loewenstein & O'Donoghue (2002) anser det ikke for usandsynligt, at den individuelle nyttediskonteringsrate er nul, og der kan argumenteres for, at samfundsmæssige rate ligeledes bør være nul.

Indsættes de angivne parameter- og variabelværdier i formlen, resulterer det i en forbrugsdiskonteringsrate i på 1 - 4 pct. I betragtning af det meget mangelfulde empiriske grundlag bør et sådant skøn dog kun tillægges beskeden betydning. Formlen kan formentlig primært anvendes til at argumentere for en relativt lav forbrugsdiskonteringsrate, idet det kræver urealistisk store værdier på formlens parametre og variable at bringe denne rate op på fx 10 pct.

9.4 Den individuelle og den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate

Det antages normalt i velfærdsøkonomisk og ressourceøkonomisk teori, at den individuelle nyttediskonteringsrate er positiv. Hovedargumentet herfor er, at individerne i erkendelse af deres livs begrænsede længde har en endelig tidshorisont og derfor tillægger fremtidige nytteændringer stadig mindre betydning i takt med, at sandsynligheden for at leve på det pågældende tidspunkt reduceres - jf. Olson & Bailey (1981). Parfit (1982) begrundet nyttepræferencerne med vanskeligheden ved at forestille sig sit fremtidige "selv" eller sin fremtidige identitet, og at det derfor er vanskeligt at knytte fremtidige nytteændringer til en bestemt person.

Et andet argument er, at forudsætningen om en positiv individuel nyttediskonteringsrate forklarer, at personer ikke reducerer deres aktuelle nytte af forbrug væsentligt mere, end de faktisk gør, og i stedet sparer op. Dette ville, argumenteres det, forøge den samlede sum af nytte. Som omtalt mener Fredrick, Loewenstein & O'Donoghue (2002) dog, at denne tilsyneladende irrationelle adfærd kan forklares på anden vis. På grund af faldende marginal nytte af forbrug er det muligvis ikke muligt at forøge den samlede sum af nytte ved at spare mere op.

Endelig har det vist sig vanskeligt at formulere kriterier for optimal udnyttelse af udtømmelige ressourcer uden at forudsætte en positiv nyttediskonteringsrate - jf. Dasgupta & Heal (1979). Denne problemstilling vedrører dog snarere kriteriet for retfærdig fordeling mellem generationer. Maksimering af den diskonterede sum af individuelle nyttet er ikke nødvendigvis et rimeligt retfærdighedskriterium - jf. Ryberg (1994) og *kapitel 12*.

Der er tilsyneladende intet empirisk belæg for at kvantificere individernes nyttediskonteringsrate. Ligesom det gjalt forbrugsdiskonteringsraten, er det dog også tvivlsomt, om denne rate er relevant i relation til samfundsmæssig velfærdsøkonomisk vurdering - jf. *kapitel 2*.

De individuelle forbrugs- og nyttetidspræferencer er uden tvivl væsentlige for forståelsen og beskrivelsen af forbrugernes adfærd over tid; men det er tvivlsomt, om de også er relevante i forbindelse med velfærdsøkonomiske vurderinger. Ganske vist baseres vurderingen af intratemporale valgmuligheder på individuelle marginale nyttet, der afspejles i de relative beregningspriser; men der er i dette tilfælde tale om valg mellem forbrugskonsekvenser, som individerne selv udsættes for.

Individuelle præferencer forekommer således (til en vis etisk grænse) at være et acceptabelt vurderingsgrundlag, når der er tale om valg mellem konsekvenser, individerne selv udsættes for - forudsat at der er tale om normale fornuftige individer. Dette er ikke helt så indlysende, når der er tale om intertemporale valg, hvor konsekvenserne også påføres fremtidige generationer.

Et væsentligt argument mod at benytte individuelle præferencer ved diskontering er derfor, at personerne måske ikke selv udsættes for de fremtidige konsekvenser. Hertil kommer, at individerne måske ikke altid vælger lige klogt - jf. den manglende opmærksomhed på mulighederne for at udnytte det finansielle marked. Endelig kan der fremføres en række etiske argumenter mod samfundsmæssig nyttediskontering - jf. *kapitel 12*.

Der foreligger ingen empiri vedrørende en eventuel samfundsmæssig nyttediskonteringsrate. De folkevalgte politikeres implicite angivelse af tidspræferencer gennem statens låntagning - jf. *afsnit 9.2* - kan næppe fortolkes som udtryk for nyttetidspræferencer. Der er snarere tale om samfundsmæssige forbrugstidspræferencer. Spørgsmålet om samfundsmæssig nyttediskontering skal formentlig først og fremmest besvares gennem etisk argumentation vedrørende hensyntagen til fremtidige generationer.

9.5 Opsummering

De i dette kapitel omtalte indikatorer på forskellige diskonterings- og alternativafkastrater er sammenfattet i *tabel 9*.

Tabel 9.5.1 Empirisk observerbare renter, afkastrater eller diskonteringsrater, der kan benyttes som indikatorer på forskellige alternative afkastmuligheder og diskonteringsrater

Renter, afkastrater og diskonteringsrater:	Indikator for:
Virksomhedernes realafkast før skat (herunder reale lånerente før skat)	Det marginale reale afkast eller netto-benefitstrøm, som mistes ved at trække kapital bort fra alternative investeringsmuligheder
Den internationale lånerente	I en lille åben økonomi - det marginale afkast som mistes ved at trække kapital bort fra alternative investeringer eller alternativt kan opnås
Staten reale lånerente	Mindstekravet til det marginale afkast på statslige investeringer
Den reale forbrugermarkedsrente efter skat	Den individuelle forbrugsdiskonteringsrate - den rate hvormed nutidsværdien af forbrug falder over tid
Den individuelle nyttediskonteringsrate	Den rate hvormed nutidsværdien af nytte falder over tid - set fra den enkelte persons synspunkt
Den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate	Den rate hvormed nutidsværdien af nytte falder over tid - set fra et samfundsmæssigt etisk synspunkt

Resultaterne af de gennemførte empiriske undersøgelser er sammenfattet i nedenstående *tabel 9.5.2*. Den reale indenlandske markedsrente før skat, danske virksomheders reale afkastningsgrad og den internationale reale lånerente antages alle at kunne benyttes som indikatorer på, hvad den i projektet investerede realkapital alternativt kunne have afkastet. Den indenlandske markedsrente og den internationale rente må således antages at udgøre en undergrænse for den alternative marginale afkastrate. Afkastningsgraderne er derimod udtryk for gennemsnitlige afkast. Det præsenterede statistiske materiale antyder, at virksomhedernes marginale netto-afkast set over en længere tidshorisont næppe ligger under 2 pct. Et niveau for dette afkast på 4 - 6 pct. synes ikke at være urealistisk.

Som omtalt kan det dog diskuteres, om private virksomheders realafkast er en god indikator på projektets alternative velfærdsøkonomiske afkastrate. For det første er det ikke givet, at projektet nødvendigvis fortrænger investeringer i den private sektor - i hvert fald ikke i fuldt omfang. For det andet - og måske endnu mere væsentligt i denne sammenhæng - er de private virksomheders afkastrater udtryk for et budgetøkonomisk afkast. Når projektets netto-benefits opgøres efter velfærdsøkonomiske principper - herunder så vidt muligt inkl. værdien af projektets miljøkonsekvenser - bør den alternative afkastrate selvsagt også opgøres efter disse principper. Bortset fra den internationale rente, der kan anvendes direkte, er det dog meget vanskeligt at pege på velegnede indikatorer for private og offentlige investeringers alternative velfærdsøkonomiske afkast.

Tabel 9.5.2 Renter, afkastrater eller diskonteringsrater, som kan være relevante i forbindelse med diskonteringen

Renter, afkastrater og diskonteringsrater:	Gennemsnitligt niveau over en årrække	
Reale indenlandske markedsrenter før skat	Real statsobligationsrente før skat 1960-2000	5 pct.
	Real indlånsrente før skat 1979-2001	2 pct.
	Real udlånsrente før skat 1979-2001	8 pct.
Danske virksomheder reale afkastningsgrad:	Nat.bank. (nat. regn. brutto-afkast) 1966-2000	3 pct.
	Danm. Stat. (nat. regn. netto-afkast) 1988-2000	4 pct.
	Danm. Stat. (industri) 1979-2000	6 pct.
Den internationale reale rente	Valutakursjust. tyske reale oblig.rente 1981-2000	4 pct.
Staten reale lånerente	Real statsobligationsrente 1960-2000	5 pct.
	Beregnet gns. real lånerente 1981-2000	5 pct.
Den reale forbrugermarkedsrente efter skat og afslørede reale forbrugsdiskonteringsrater	Real 10-årig statsoblig.rente efter skat 1960-2000	
	Real lang obligationsrente efter skat 1973-2001	0 pct.
	Real indlånsrente efter skat 1979-2001	3 pct.
	Real udlånsrente efter skat 1979-2001	-2 pct.
	Interview og konstruerede forsøg	2 pct.
	Forbrugsdiskonteringsrateformlen	0-∞ pct. 1-4 pct.
Den individuelle nyttediskonteringsrate		?
Den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate		?

Som indikatorer på den individuelle marginale forbrugsdiskonteringsrate er der først og fremmest fokuseret på reale markedsrenter efter skat. I den udstrækning en forbruger er villige til at spare op til en given rente, må denne rente antages at overstige forbrugerens marginale forbrugsdiskonteringsrate. Det omvendte må antages at være tilfældet for en forbruger, der ønsker at låne til en given rente. Det præsenterede statistiske materiale antyder, at forbrugsdiskonteringsraten formentlig er meget lav - i størrelsesordenen 0 - 3 pct.. Derimod viser interviewundersøgelser og konstruerede forsøg, at forbrugerne i hvert fald på kort sigt har meget stærke tidsprefærencer. Resultaterne fra disse undersøgelser har måske især betydning for vurderingen af Discounted Utility modellens deskriptive relevans.

I en velfærdsøkonomisk sammenhæng er det måske bedst at fastsætte forbrugsdiskonteringsraten på grundlag af den opstillede formel herfor. Ved indsætning af rimelige parameterverdier kan raten antages at ligge i intervallet 1 - 4 pct.

Der er tilsyneladende intet empirisk belæg for at kvantificere individernes nyttediskonteringsrate. I relation til den velfærdsøkonomiske vurdering er det imidlertid også den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate, der er relevant. Der kan argumenteres for, at denne rate bør være nul. Under alle omstændigheder involverer spørgsmålet om den samfundsmæssige nyttediskonteringsrates størrelse spørgsmålet om, hvilket kriterium for retfærdig fordeling mellem generationer man bør vælge.

Indtil videre synes der altså kun at være grundlag for at diskontere med en rate svarende til den forventede vækst i det reale forbrug pr. capita evt. multipliceret med en elasticitet for den marginale nytte af forbrug - altså en forbrugsdiskonteringsrate på 2 pct.. Hermed tages der højde for, at fremtidige generationer må antages at opleve større velfærd end den nuværende. Holder denne antagelse ikke, bliver det vanskeligt at argumentere for diskonteringen.

Samtidig bør der på anden vis tages eksplicit hensyn til de eventuelt mistede alternative velfærds-mæssige afkastmuligheder. Dette kan ske ved kun at acceptere projekter, der kan leve op til en alternativ afkastrate svarende til den i *tabel 9.5.2* angivne internationale rente på 4 pct. eller statslige reale lånerente på 5 pct. Når denne rate benyttes som diskonteringsrate, kan der dog ikke siges at være tale om i egentlig forstand at beregne nutidsverdier. Der er alene tale om at undersøge, om projekterne lever op til afkastkravet.

Appendiks 9.1 Tabeller

Tabel 1 Effektiv rente 10-årig statsobligation

År	Nominel rente	Faktisk real-rente før skat	Forventet real-rente ¹
1960	6,3	1,8	2,7
1961	6,9	2,4	3,0
1962	7,0	0,4	2,7
1963	6,9	1,7	2,2
1964	7,5	3,9	2,4
1965	9,1	2,7	3,6
1966	9,2	2,5	3,3
1967	9,4	2,0	3,0
1968	8,8	0,8	1,8
1969	9,6	6,1	2,1
1970	11,4	4,8	3,2
1971	11,2	5,4	2,4
1972	11,0	4,4	1,6
1973	13,0	3,7	3,0
1974	16,4	1,2	6,1
1975	13,1	3,5	2,6
1976	15,4	6,4	4,8
1977	16,8	5,6	6,4
1978	17,5	7,5	7,3
1979	17,4	7,8	7,6
1980	19,1	6,8	9,9
1981	19,3	7,6	10,7
1982	20,5	10,4	12,6
1983	14,4	7,5	7,3
1984	14,0	7,7	7,6
1985	11,6	6,9	5,9
1986	10,6	7,0	5,5
1987	11,9	7,9	7,4
1988	10,5	5,9	6,5
1989	10,2	5,4	6,6
1990	11,0	8,4	7,8
1991	10,1	7,7	7,3
1992	10,1	8,0	7,5
1993	8,8	7,6	6,4
1994	8,4	6,4	6,2
1995	8,3	6,2	6,2
1996	7,1	5,0	5,1
1997	6,3	4,1	4,3
1998	5,8	3,9	3,8
1999	5,7	3,2	3,8
2000	6,4	3,6	4,5
Gns.	11,1	5,2	5,2

Kilde: Erik Haller Pedersen (2001)

Noter: 1. De forventede inflationsrater er beregnet ved at udglatte de faktiske rater ved brug af et HP-filter.

Tabel 2 Effektiv indlånsrente i pengeinstitutterne

År	Nominel rente ¹	Inflationsrate ²	Faktisk realrente før skat
1979	9,2	11,8	-2,3
1980	12,0	10,9	1,0
1981	11,6	12,3	-0,6
1982	11,9	9,0	2,7
1983	10,1	6,0	3,8
1984	*9,0	5,6	3,2
1985	8,6	3,6	4,9
1986	7,0	4,3	2,6
1987	7,5	4,1	3,3
1988	7,0	5,7	1,2
1989	7,0	4,8	2,1
1990	*7,9	1,9	5,9
1991	7,1	2,3	4,7
1992	7,5	1,5	5,9
1993	6,5	1,5	4,9
1994	*3,5	2,3	1,2
1995	3,9	1,8	2,1
1996	2,8	2,3	0,4
1997	2,7	2,1	0,6
1998	3,1	1,7	1,4
1999	2,4	3,2	-0,8
2000	3,2	2,4	0,8
2001	3,3	2,2	1,1
Gns.	6,7		2,2

Kilde: Statistisk tiårsoversigt og Statistisk Årbog

Anm: For årene 1984-2001 er tallene direkte oplyst i Statistisk tiårsoversigt. For årene 1973-1983 er tallene beregnet som et simpelt gennemsnit af renten på anfordring uden checks og renten på indlån med opsigelsesvarsel og særlige indlånsformer.

* angiver databrud.

Noter: 1. Gennemsnitlig effektiv rente for hele året

2. Ændring i forbrugerprisindekset fra december det foregående år til december det pågældende år.

Tabel 3 Effektiv udlånsrente i pengeinstitutterne

År	Nominel rente ¹	Inflationsrate ²	Faktisk realrente før skat
1979	16,6	11,82	4,3
1980	20,3	10,89	8,5
1981	19,2	12,28	6,2
1982	19,9	8,97	10,0
1983	16,3	6,04	9,7
1984	*15,4	5,62	9,3
1985	15,1	3,57	11,1
1986	12,8	4,33	8,1
1987	13,4	4,08	9,0
1988	13,2	5,73	7,1
1989	13,3	4,82	8,1
1990	*14,1	1,88	12,0
1991	11,4	2,34	8,9
1992	11,6	1,47	10,0
1993	10,5	1,50	8,9
1994	*10,0	2,28	7,5
1995	10,3	1,81	8,3
1996	8,7	2,34	6,2
1997	7,8	2,09	5,6
1998	7,9	1,70	6,1
1999	7,1	3,20	3,8
2000	8,1	2,36	5,6
2001	8,2	2,18	5,9
Gns.	12,7		7,8

Kilde: Statistisk tiårsoversigt

Anm: For årene 1984-2001 er tallene direkte oplyst i Statistisk tiårsoversigt. For årene 1973-1983 er tallene beregnet som et simpelt gennemsnit af kassekreditrenten og renten på andre udlån.

* angiver databrud.

Noter: 1. Gennemsnitlig effektiv rente for hele året

2. Ændring i forbrugerprisindekset fra december det foregående år til december det pågældende år.

Tabel 4 Danske virksomheders reale afkastningsgrad

År	Restindkomst mill. kr.	Værdi af realkapital mill. kr.	Forventet realt afkast før skat
1966	5.286	45.303	4,0
1967	5.886	49.756	3,9
1968	6.758	53.699	4,3
1969	7.243	59.726	3,4
1970	7.497	68.014	1,9
1971	6.300	74.965	-1,1
1972	7.289	84.157	-1,3
1973	7.882	94.814	-1,9
1974	7.250	119.270	-4,2
1975	10.155	135.672	-2,7
1976	10.719	149.120	-2,8
1977	11.942	167.767	-2,6
1978	13.637	185.819	-2,0
1979	14.051	205.231	-2,1
1980	17.312	231.700	-1,0
1981	17.955	267.273	-1,3
1982	23.650	300.840	0,4
1983	28.174	330.410	1,7
1984	31.062	358.273	2,5
1985	33.701	387.432	3,1
1986	35.102	412.380	3,4
1987	32.661	445.608	2,7
1988	33.999	468.597	3,1
1989	40.055	503.292	4,2
1990	42.199	533.148	4,5
1991	45.894	563.840	5,1
1992	50.300	594.162	5,7
1993	49.305	617.652	5,4
1994	58.449	633.954	6,9
1995	62.228	656.952	7,3
1996	62.252	676.583	7,1
1997	69.545	690.150	8,0
1998	73.332	718.452	8,2
1999	76.396	737.173	8,4
2000			8,4
Gns.			2,6

Kilde: Erik Haller Pedersen (2001)

Tabel 5 Nettoafkastret fordelt på institutionelle sektorer

År	Hele økonomien	Ikke-finansielle selskaber	Finansielle selskabssektorer	Husholdninger og NPISH'er	BNP-deflator	Ikke-finansielle selskaber ¹ (realafkast)
1988	4,3	4,7	17,9	7,9	3,8	0,9
1989	4,8	5,3	25,9	8,2	4,4	0,9
1990	4,9	6,0	21,3	8,0	2,9	3,0
1991	4,8	5,8	15,3	7,9	2,8	2,9
1992	5,2	6,4	12,7	7,9	2,9	3,4
1993	5,0	6,2	20,6	7,4	1,4	4,7
1994	5,7	7,2	27,5	7,8	1,7	5,4
1995	5,8	7,3	20,0	8,0	1,8	5,4
1996	5,8	7,3	21,8	7,8	2,5	4,7
1997	5,8	7,6	21,6	7,3	2,2	5,3
1998	5,1	6,4	30,2	6,6	1,9	4,4
1999	5,1	6,9	26,9	6,3	3,0	3,8
2000	5,9	8,4	27,2	6,4	3,7	4,5
Gns.	5,2	6,5	22,2	7,5		3,8

Note: 1. Egne beregninger ud fra stigningen i BNP-deflatoren oplyst i Statistisk tiårsoversigt

Kilde: Statistiske Efterretninger: Nationalregnskab og betalingsbalance 2002:2, 1. februar 2002

Tabel 6 Afkastningsgraden i industrien

År	Afkastnings- grad	Inflationsrate ¹	Real afkastnings- grad
1979	8,4	11,8	-3,1
1980	8,6	10,9	-2,1
1981	9,4	12,3	-2,6
1982	11,0	9,0	1,9
1983	12,2	6,0	5,8
1984	12,5	5,6	6,5
1985	11,2	3,6	7,4
1986	9,6	4,3	5,1
1987	*8,3	4,1	4,1
1988	9,7	5,7	3,8
1989	9,8	4,8	4,8
1990	9,7	1,9	7,7
1991	9,6	2,3	7,1
1992	10,6	1,5	9,0
1993	10,4	1,5	8,8
1994	11,0	2,3	8,5
1995	*	1,8
1996	11,0	2,3	8,5
1997	12,2	2,1	9,9
1998	11,7	1,7	9,8
1999	10,9	3,2	7,5
2000	11,8	2,4	9,2
Gns.	10,5		5,7

Kilde: Statistisk tiårsoversigt

Note: 1. Stigningen i forbrugerprisindekset fra december det foregående år til december det pågældende år

Anm. Før 1995 virksomheder med mindst 20 ansatte. Fra 1995 alle virksomheder

Tabel 7 Realrente på tyske lån

År	Tyske rente	D-mark kurs	Inflationsrate ¹	Realrente på tyske lån ²
1980		310,4		
1981	10,4	315,3	12,3	-0,14
1982	9,0	343,5	9,0	8,9
1983	7,9	358,2	6,0	6,1
1984	7,8	364,0	5,6	3,7
1985	6,9	360,2	3,6	2,1
1986	5,9	373,0	4,3	5,1
1987	5,8	380,7	4,1	3,7
1988	6,1	383,3	5,7	1,1
1989	7,1	388,8	4,8	3,67
1990	8,9	382,9	1,9	5,2
1991	8,6	385,7	2,3	6,9
1992	8,0	386,5	1,5	6,6
1993	6,3	392,3	1,5	6,3
1994	6,7	391,9	2,3	4,2
1995	6,5	391,1	1,8	4,4
1996	5,6	385,4	2,3	1,7
1997	5,1	381,0	2,1	1,8
1998	4,4	380,8	1,7	2,6
1999	4,3	380,2	3,2	0,9
2000	5,2	381,1	2,4	3,0
Gns.	6,8			3,9

Kilde: Statistisk tiårsoversigt

Note: 1. Stigningen i forbrugerprisindekset fra december det foregående år til december det pågældende år

2. Egne beregninger

Tabel 8 Den beregnede gennemsnitlige rente på statens lån

År	Netto- rentebetalinger <i>mill. kr.</i>	Netto-gæld ul- timo året <i>mill. kr.</i>	Beregnet låne- rente <i>pct.</i>	Inflationsrate ¹ <i>pct.</i>	Beregnet real lånerente <i>pct.</i>
1981	12,6	187,2	6,7	12,3	-5,0
1982	18,3	274,0	6,7	9,0	-2,1
1983	34,5	355,2	9,7	6,0	3,5
1984	46,8	415,6	11,3	5,6	5,4
1985	53,0	408,7	13,0	3,6	9,0
1986	50,5	393,0	12,8	4,3	8,2
1987	48,3	387,0	12,5	4,1	8,1
1988	48,8	410,9	11,9	5,7	5,8
1989	48,1	426,1	11,3	4,8	6,2
1990	49,0	443,1	11,1	1,9	9,0
1991	43,1	502,8	8,6	2,3	6,1
1992	36,2	540,4	6,7	1,5	5,1
1993	43,2	592,4	7,3	1,5	5,7
1994	41,6	642,1	6,5	2,3	4,1
1995	47,3	660,8	7,2	1,8	5,3
1996	49,9	664,7	7,5	2,3	5,1
1997	50,8	655,8	7,7	2,1	5,5
1998	44,3	614,3	7,2	1,7	5,4
1999	43,6	598,0	7,3	3,2	4,0
2000	42,3	571,6	7,4	2,4	4,9
Gns.			9,0		5,0

Kilde: Statistisk tiårsoversigt

Note: 1. Stigningen i forbrugerprisindekset fra december det foregående år til december det pågældende år

Tabel 9 Effektiv rente 10-årig statsobligation

År	Nominel rente	Faktisk real-rente før skat	Faktisk real-rente efter skat ¹	Forventet real-rente ²
1960	6,3	1,8	0,2	2,7
1961	6,9	2,4	0,7	3,0
1962	7,0	0,4	-1,5	2,7
1963	6,9	1,7	-0,4	2,2
1964	7,5	3,9	1,7	2,4
1965	9,1	2,7	-0,1	3,6
1966	9,2	2,5	-0,5	3,3
1967	9,4	2,0	-0,9	3,0
1968	8,8	0,8	-2,4	1,8
1969	9,6	6,1	2,7	2,1
1970	11,4	4,8	0,6	3,2
1971	11,2	5,4	-0,2	2,4
1972	11,0	4,4	-1,2	1,6
1973	13,0	3,7	-2,9	3,0
1974	16,4	1,2	-7,1	6,1
1975	13,1	3,5	-3,6	2,6
1976	15,4	6,4	-2,2	4,8
1977	16,8	5,6	-3,8	6,4
1978	17,5	7,5	-2,3	7,3
1979	17,4	7,8	-2,2	7,6
1980	19,1	6,8	-4,3	9,9
1981	19,3	7,6	-3,8	10,7
1982	20,5	10,4	-1,7	12,6
1983	14,4	7,5	-1,3	7,3
1984	14,0	7,7	-1,0	7,6
1985	11,6	6,9	-0,5	5,9
1986	10,6	7,0	0,4	5,5
1987	11,9	7,9	1,8	7,4
1988	10,5	5,9	0,5	6,5
1989	10,2	5,4	0,1	6,6
1990	11,0	8,4	2,7	7,8
1991	10,1	7,7	2,4	7,3
1992	10,1	8,0	2,8	7,5
1993	8,8	7,6	3,0	6,4
1994	8,4	6,4	2,3	6,2
1995	8,3	6,2	2,1	6,2
1996	7,1	5,0	1,6	5,1
1997	6,3	4,1	1,1	4,3
1998	5,8	3,9	1,2	3,8
1999	5,7	3,2	0,9	3,8
2000	6,4	3,6	1,3	4,5
Gns.	11,1	5,2	-0,3	5,2

Kilde: Erik Haller Pedersen (2001)

Noter: 1. Som marginal skattesats er benyttet rentefradragssatsen, der varierer fra 25 pct. i 1960 til 62 pct. i 1985.
2. De forventede inflationsrater er beregnet ved at udglatte de faktiske rater ved brug af et HP-filter.

Tabel 10 Effektiv rente på statsobligation 4 pct. 2017

År	Nominal rente ¹	Inflationsrate ²	Faktisk realrente før skat	Faktisk realrente efter skat ³
1973	12,3	15,3	-2,6	-4,6
1974	14,5	9,6	4,5	2,3
1975	13,4	9,0	4,1	1,9
1976	14,8	11,1	3,3	1,2
1977	16,5	10,0	5,9	3,7
1978	17,6	9,6	7,3	5,1
1979	18,0	12,3	5,1	3,0
1980	18,6	11,7	6,1	4,0
1981	20,1	10,1	9,1	6,9
1982	19,0	6,9	11,3	9,1
1983	10,7	6,3	4,1	1,9
1984	12,5	4,7	7,4	5,1
1985	8,2	3,7	4,3	2,0
1986	10,6	4,0	6,3	4,0
1987	11,1	4,5	6,3	4,0
1988	8,0	4,8	3,0	7,5
1989	8,5	2,6	5,7	3,4
1990	9,4	2,4	6,8	4,5
1991	8,2	2,1	6,0	3,6
1992	8,5	1,2	7,3	4,9
1993	6,6	2,0	4,5	2,1
1994	8,1	2,1	5,9	3,5
1995	6,3	2,1	4,1	1,7
1996	6,0	2,2	3,7	1,3
1997	5,2	1,9	3,2	0,9
1998	4,2	2,5	1,7	-0,7
1999	4,8	3,0	1,8	-0,6
2000	4,9	2,4	2,5	0,1
2001	4,9			
Gns.	10,7		5,0	2,7

Kilde: Statistisk tiårsoversigt, Statistisk årbog og egne beregninger

Noter: 1. Effektiv rente ultimo året

2. Ændring i det gennemsnitlige forbrugerprisindeks fra det pågældende år til året efter.

3. Ved marginal skat på 60 pct.

Tabel 11 Effektiv indlånsrente i pengeinstitutterne

År	Nominel rente ¹	Inflationsrate ²	Faktisk realrente før skat	Faktisk realrente efter skat ³
1979	9,2	11,8	-2,3	-7,3
1980	12,0	10,9	1,0	-5,5
1981	11,6	12,3	-0,6	-6,8
1982	11,9	9,0	2,7	-3,9
1983	10,1	6,0	3,8	-1,9
1984	*9,0	5,6	3,2	-1,9
1985	8,6	3,6	4,9	-0,1
1986	7,0	4,3	2,6	-1,5
1987	7,5	4,1	3,3	-1,0
1988	7,0	5,7	1,2	-2,8
1989	7,0	4,8	2,1	-1,9
1990	*7,9	1,9	5,9	1,3
1991	7,1	2,3	4,7	0,5
1992	7,5	1,5	5,9	1,5
1993	6,5	1,5	4,9	1,1
1994	*3,5	2,3	1,2	-0,9
1995	3,9	1,8	2,1	-0,2
1996	2,8	2,3	0,4	-1,2
1997	2,7	2,1	0,6	-1,0
1998	3,1	1,7	1,4	-0,5
1999	2,4	3,2	-0,8	-2,2
2000	3,2	2,4	0,8	-1,1
2001	3,3	2,2	1,1	-0,8
Gns.	6,7		2,2	-1,7

Kilde: Statistisk tiårsoversigt og Statistisk Årbog

Anm: For årene 1984-2001 er tallene direkte oplyst i Statistisk tiårsoversigt. For årene 1973-1983 er tallene beregnet som et simpelt gennemsnit af renten på anfordring uden checks og renten på indlån med opsigelsesvarsel og særlige indlånsformer.

* angiver databrud.

Noter: 1. Gennemsnitlig effektiv rente for hele året
 2. Ændring i forbrugerprisindekset fra december det foregående år til december det pågældende år.
 3. Ved marginal skat på 60 pct.

Tabel 12 Effektiv udlånsrente i pengeinstitutterne

År	Nominel rente ¹	Inflationsrate ²	Faktisk realrente før skat	Faktisk realrente efter skat ³
1979	16,6	11,8	4,3	-2,1
1980	20,3	10,9	8,5	0,8
1981	19,2	12,3	6,2	-0,8
1982	19,9	9,0	10,0	2,5
1983	16,3	6,0	9,7	3,7
1984	*15,4	5,6	9,3	3,7
1985	15,1	3,6	11,1	5,7
1986	12,8	4,3	8,1	3,5
1987	13,4	4,1	9,0	2,6
1988	13,2	5,7	7,1	1,1
1989	13,3	4,8	8,1	2,0
1990	*14,1	1,9	12,0	5,4
1991	11,4	2,3	8,9	3,5
1992	11,6	1,5	10,0	4,5
1993	10,5	1,5	8,9	3,9
1994	*10,0	2,3	7,5	2,6
1995	10,3	1,8	8,3	3,2
1996	8,7	2,3	6,2	1,8
1997	7,8	2,1	5,6	1,6
1998	7,9	1,7	6,1	2,0
1999	7,1	3,2	3,8	-0,3
2000	8,1	2,4	5,6	0,5
2001	8,2	2,2	5,9	0,8
Gns.	12,7		7,8	2,3

Kilde: Statistisk tiårsoversigt

Anm: For årene 1984-2001 er tallene direkte oplyst i Statistisk tiårsoversigt. For årene 1973-1983 er tallene beregnet som et simpelt gennemsnit af kassekreditrenten og renten på andre udlån.

* angiver databrud.

- Noter: 1. Gennemsnitlig effektiv rente for hele året
 2. Ændring i forbrugerprisindekset fra december det foregående år til december det pågældende år.
 3. Ved marginal skattefradragssats varierende fra 0,36 i år 2001 til 0,63 i år 1985.

Kapitel 10 Tidsfastsættelsesproblemet

Tidsfastsættelsesproblemet vedrører fastsættelsen af projektets *optimale økonomiske levetid* og dets *optimale starttidspunkt*. Problemet overses ofte i forbindelse med projektvurderingen, hvor det enkelte projekts starttidspunkt og levetid normalt er fastsat på forhånd. Starttidspunktet vælges normalt som det tidligste tidspunkt, hvor det er teknisk muligt at igangsætte projektet. Til gengæld fremgår det sjældent, hvorledes levetidsfastsættelsen har fundet sted - om der er tale om fysisk levetid, eller om der også har indgået økonomiske overvejelser i fastsættelsen. Når denne pragmatiske løsning på tidsfastsættelsesproblemet normalt vælges, skyldes det formentlig, at en mere præcis løsning, som det vil fremgå af det følgende, kræver relativt mange oplysninger om fremtidige pris- og omkostningsforhold. Disse oplysninger er i sagens natur forbundet med stor usikkerhed.

Tidsfastsættelsesproblemet har imidlertid vist sig at være særdeles aktuelt i relation til håndteringen af *alle-rede afholdte investeringer* ("sunk costs") i forbindelse med projektvurderingen. Selvom en given investering samlet set viser sig at være den fordelagtigste løsning på et miljøproblem eller en forsyningsopgave, er det ikke nødvendigvis fordelagtigt at gennemføre investeringen straks. Hvis der allerede på et tidligere tidspunkt er afholdt omfattende investeringer til løsning af den samme opgave, er det ikke sikkert, at det inden for de nærmeste år er fordelagtigt at erstatte dem med det nye fordelagtigere projekt. Der vil måske være unødige meromkostninger forbundet hermed. I et sådant tilfælde er det vigtigt at fastsætte det tidspunkt, hvor det vil være fordelagtigt at udskifte den eksisterende investering. Dette tidspunkt kan dog ikke fastsættes én gang for alle, da der også i fremtiden kan indtræffe hændelser, som ændrer det optimale udskiftningstidspunkt.

Tidsfastsættelsesproblemerne antager lidt forskellig karakter afhængigt af den foreliggende problemstilling eller projektvurderingssituation.

1. Vurdering af om en given produktion eller opfyldelse af en given målsætning med fordel kan opretholdes på en ny måde - fx ved brug af en anden teknologi.

Eksempler:

- produktion af en given mængde elkraft - vindmøller i stedet for kulfyret kraftvarmeværk
- håndtering og bortskaffelse af en given affaldsmængde - bioforgasning i stedet for forbrænding af organisk affald

For at sammenligne de velfærdsøkonomiske netto-fordele ved de betragtede teknologier er det nødvendigt at bestemme deres optimale levetider. Hvis en anden teknologi end den hidtil anvendte er velfærdsøkonomisk mere attraktiv, er der grund til at undersøge, om udskiftningen bør ske straks. I modsat fald kan det overvejes at fastsætte et foreløbigt optimalt udskiftningstidspunkt, der efterfølgende kan ændres i lyset af den teknologiske udvikling og andre relevante samfundsmæssige forhold. Man bør under alle omstændigheder, når ældre stadigt benyttede teknologier viser sig at være ufordelagtige, med jævne mellemrum undersøge om tiden er inde til at udskifte dem.

2. Vurdering af hvorledes en helt ny produktion iværksættes eller en ny målsætning opfyldes på den mest fordelagtige måde - der foreligger en række løsningsmuligheder og teknologier

Eksempler:

- gennemførelse af et naturgenopretningsprojekt
- rensning for miljøfarlige stoffer, der hidtil har belastet miljøet - anlæg af renseanlæg

For at sammenligne de velfærdsøkonomiske netto-fordele ved de betragtede løsningsmuligheder er det nødvendigt at bestemme deres optimale levetider. Dernæst må det optimale starttidspunkt for den bedste løsningsmulighed bestemmes.

3. Vurdering af hvorledes en miljømålsætning mest fordelagtigt opfyldes inden et bestemt år - en række løsningsmuligheder og teknologier foreligger.

Eksempler:

- en given reduktion af emissionerne af et miljøbelastende stof inden et bestemt år

Tidsgrænsen kan i visse tilfælde indebære, at omkostningerne ved at opfylde målsætningen bliver større end i en situation uden en sådan grænse. Dette er tilfældet, hvis det er nødvendigt at gennemføre investeringer, hvis optimale starttidspunkt og/eller optimale udskiftningstidspunkt ligger efter det fastsatte målopfyldelsesår. Tidsgrænsen kan altså gøre det nødvendigt at leve med mindre attraktive løsninger.

De anførte eksempler viser, at uanset hvilken problemstilling man står over for, indgår fastsættelsen af den optimale levetid og det optimale starttidspunkt for de betragtede projekter som en væsentlig del af problemstillingens løsning. Når løsningsmulighederne omfatter erstatning af eksisterende teknologier med nye mere velfærdsøkonomisk efficiente, omfatter løsningen også bestemmelsen af det optimale udskiftningstidspunkt for de eksisterende teknologier. Fastsættelsen heraf kan dog ses som en del af bestemmelsen af det optimale starttidspunkt for de forskellige projektmuligheder. Når der allerede er foretaget investeringer med henblik på at opfylde et givet produktionsformål eller en given miljømålsætning, sætter dette grænser for, hvornår det kan betale sig at igangsætte anvendelsen af alternative teknologier. Derfor er problemstillingen vedrørende allerede afholdte investeringer et godt eksempel på planlægningshorisontens betydning, for hvilke projekter det er fordelagtigt at gennemføre.

I det følgende behandles følgende emner:

- Det generelle tidsfastsættelsesproblem
- Optimal økonomisk levetid
- Optimalt starttidspunkt
- Behandlingen af allerede afholdte investeringer

Løsningen på disse problemstillinger afhænger for det første af, hvorledes projektets fordele og ulemper forventes at udvikle sig over tiden. Dernæst afhænger løsningen af diskonteringsraten, og endelig afhænger starttidspunktet af fordelene og ulemperne ved at videreføre en aktivitet, som projektet eventuelt skal erstatte.

Det forudsættes, at de betragtede projekters fordele og ulemper er prissat, således at deres netto-fordele kan opgøres som en nutidsværdi udtrykt i kroner og ører. Endvidere antages det, at projekterne er indbyrdes uafhængige. Endelig antages diskonteringsraten at være konstant og fastsat til q - dvs. den marginale alternative reale afkastrate eller reale lånerente. Når denne diskonteringsrate er valgt og ikke forbrugsdiskonteringsraten, skyldes det, at løsningen af tidsfastsættelsesproblemet i høj grad er koncentreret om forholdet mellem projektets afkastrate og den alternative afkastrate. Med de angivne forudsætninger kan fremstillingen i udstrakt grad trække på resultaterne fra partiel investeringsplanlægning - jf. Geel Andersen (1978) og Danø (1985).

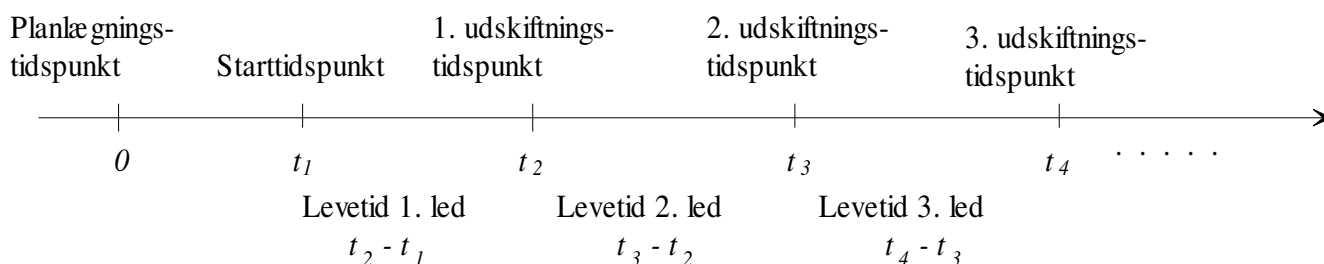
10.1 Det generelle tidsfastsættelsesproblem

Det generelle tidsfastsættelsesproblem vedrører bestemmelsen af den optimale levetid og det optimale starttidspunkt for det betragtede projekt. Disse to tidsparametre skal bestemmes således, at projektets kapitalværdi (nutidsværdien af projektets netto-benefits) maksimeres. Tidsfastsættelsen er et problem, når kapitalværdien afhænger af hhv. starttidspunktet og levetiden - typisk hvis der kan opnås større kapitalværdi ved at udskyde projektet i forhold til planlægningsstidspunktet, og hvis kapitalværdien er størst ved en økonomisk levetid, der er mindre end projektets tekniske levetid.

Problemet tilføres en yderligere dimension, hvis der med mellemrum skal geninvesteres i projektet, således at dette danner en egentlig investeringskæde. Det er i dette tilfælde nødvendigt at fastsætte det optimale starttidspunkt for hele investeringskæden samt optimale levetider med hertil svarende udskiftningstidspunkter for hvert led i kæden. Endelig afhænger starttidspunktet og levetiderne i visse tilfælde af den anlagte tids-horisont.

På figur 10.1 er anskueliggjort de forskellige tidsmæssige parametre, som indgår i det generelle tidsfastsættelsesproblem - planlægningsstidspunktet $t = 0$, starttidspunktet t_1 for det første led i investeringskæden, det

første udskiftnings-tidspunkt t_2 og dermed levetiden for det første led $t_2 - t_1$, det andet udskiftnings-tidspunkt t_3 osv.



Figur 10.1 Det generelle tidsfastsættelsesproblem

Fastsættelsen af starttidspunkt og levetider afhænger af projektets investeringsudgift I_t , af udviklingen i benefits og costs over tiden B_t og C_t , af projektets scrapværdi S_t samt af diskonteringsraten q . Investeringsudgiften kan udvikle sig over tiden som følge af den såkaldte *kalendereffekt*. Udgiften i faste priser afhænger i så fald af, på hvilket konkret kalendertidspunkt investeringen foretages. Kalendereffekten kan også have betydning for udviklingen i benefits og costs over tiden samt for investeringens scrapværdi. Disse påvirkes endvidere af den såkaldte *alderseffekt*, hvor der i så fald er tale om en forældelseeffekt, hvor projektets costs og benefits afhænger af dets alder, og hvor dets scrapværdi af, hvor længe projektet har været benyttet. Altså

- *Kalendereffekt* - projektets investeringsudgift, værdien af dets costs og benefits i de enkelte perioder samt dets scrapværdi afhænger af, på hvilke konkrete kalendertidspunkter de realiseres.
- *Alderseffekt* - værdien af projektets costs og benefits i de enkelte perioder samt dets scrapværdi afhænger af, hvor længe projektet har været i gang.

Hvis der er tale om en engangsinvestering, kan tidsfastsættelsesproblemet for det første projekt i investeringskæden herefter formuleres på følgende måde:

$$\max K(t_1, t_2) = -(1+q)^{-t_1} \cdot I_{t_1} + \sum_{t=t_1+1}^{t_2} (B_{t,t-t_1} - C_{t,t-t_1}) \cdot (1+q)^{-t} + (1+q)^{-t_2} \cdot S_{t_2,t_2-t_1}$$

Starttidspunktet t_1 og ophørstidspunktet t_2 bestemmes, således at projektets kapitalværdi $K(t_1, t_2)$ maksimeres. $B_{t,t-t_1}$ er værdien af projektets benefits på kalendertidspunkt t , når det har opnået en alder på $t - t_1$. En tilsvarende notation er benyttet for costs $C_{t,t-t_1}$ og scrapværdien S_{t_2,t_2-t_1} .

Tidsfastsættelsesproblemet for en hel investeringskæde kan på tilsvarende vis formuleres, således at det nu er $K(t_1, t_2, t_3, \dots)$ der skal maksimeres. Står man over for en række forskellige investeringskæder, vælges den kæde, hvis maksimale kapitalværdi er størst.

Det generelle tidsfastsættelsesproblem kan være vanskeligt at løse i praksis. Ikke alene sætter problemets løsning betydelige krav til mængden af data; men beregningsomfanget kan også blive ganske omfattende. For en række problemstillinger kan det store regnearbejde imidlertid undgås ved at følge en række simple beslutningsregler. Disse gennemgås i de følgende afsnit.

10.2 Optimal økonomisk levetid

Valget mellem alternative projekter eller investeringskæder, bør ske på grundlag af disses relative fordelagtighed udtrykt ved deres maksimale kapitalværdier. Det enkelte projekts kapitalværdi afhænger af, hvor længe projektet antages at vare. Derfor resulterer fastsættelsen af projekternes maksimale kapitalværdier i en parallel bestemmelse af deres optimale økonomiske levetider. I det følgende opstilles regler for fastsættelsen af disse. Der kan skelnes mellem følgende problemstillinger:

1. Engangsinvestering
 - 1a ren alderseffekt
 - 1b ren kalendereffekt
 - 1c både alders- og kalendereffekt
 - 1d betydningen af flere efterfølgende investeringer - terminalværdi
2. Investeringskæde
 - 2a endelig tidshorisont og givet antal led i kæden
 - 2b endelig tidshorisont og given tidshorisont
 - 2c uendelig tidshorisont
3. Konstante netto-benefits i hver periode
 - 3a engangsinvestering
 - 3b investeringskæde

10.2.1 Engangsinvestering

En engangsinvestering defineres som en investering, der foretages én gang og ophører ved realiseringen af dens scrapværdi. Problemet i relation til en sådan investering er at bestemme dens optimale start- og ophørstidspunkt.

Ren alderseffekt

Er det alene alderseffekten, som gør sig gældende, er investeringsudgiften den samme, uanset hvilket tidspunkt projektet igangsættes. Samtidig afhænger investeringens tidsmæssigt fordelte benefits og costs samt scrapværdi alene af projektets alder.

Regnes der herefter først med *kontinuert tid*, kan investeringens kapitalværdi beregnes på følgende måde, hvor φ angiver den ved diskonteringen benyttede rentestyrke. Sammenhængen mellem diskontering ved diskret tid og kontinuert tid er beskrevet i *bilag II*:

$$K(t) = -I + \int_0^t (B_t - C_t) \cdot e^{-\varphi t} \cdot dt + S_t \cdot e^{-\varphi t}$$

Når kun alderseffekten gør sig gældende, bliver kapitalværdien størst ved at igangsætte projektet på planlægningstidspunktet $t = 0$. Det angivne kapitalværdiudtryk er derfor opstillet under denne forudsætning. Den optimale levetid kan herefter bestemmes som det tidspunkt, hvor $dK(t)/dt = 0$. Dvs.

$$\frac{dK(t)}{dt} = 0 \Rightarrow K'(t) = e^{-\varphi t} \cdot ((B_t - C_t) + S'(t) - \varphi \cdot S_t) = 0 \Rightarrow (B_t - C_t) = -S'(t) + \varphi \cdot S_t$$

Den optimale levetid kan altså bestemmes som den alder t_{opt} , ved hvilken værdien af periodens netto-benefits netop kan opveje fordelene ved at sælge projektet til scrapværdien - nemlig summen af den herved undgåede reduktion i scrapværdien - $S'(t)$ er negativ - og forrentningen af denne. Det forudsættes, at $K(t) > 0$, og samtidig skal $K'(t) > 0$ for $t < t_{opt}$ og $K'(t) < 0$ for $t > t_{opt}$. Hvis der er flere værdier af t , for hvilket dette gælder, er t_{opt} den værdi, for hvilken $K(t)$ er størst.

Regnes der med *diskret tid*, og er diskonteringsraten q , kan kapitalværdien beregnes som

$$K(t) = -I + \sum_{\tau=1}^t (B_\tau - C_\tau) \cdot (1+q)^{-\tau} + (1+q)^{-t} \cdot S_t$$

Den optimale levetid kan herefter bestemmes som den periode t , i hvilken

$$K(t) \geq K(t-1) \quad \text{og} \quad K(t) \leq K(t+1)$$

dvs.

$$\Delta K(t) \cdot (1+q)^t = (B_t - C_t) + (S_t - S_{t-1}) - q \cdot S_{t-1} \geq 0 \text{ for } t = t_{opt} \text{ og } \leq 0 \text{ for } t = t_{opt} + 1$$

Konklusion

Projektets optimale levetid rækker altså i dette tilfælde frem til den periode, hvor periodens netto-benefits for sidste gang er større end summen af tabet i scrapværdi ved at fortsætte projektet og forrentningen af scrapværdien.

Et eksempel på anvendelsen af denne regel kan være *fastsættelsen af den optimale levetid for et biogasanlæg*. Eksemplet er stærkt stiliseret, og det tjener derfor primært et illustrativt formål. I *tabel 10.2.1* er vist investeringsudgiften for et sådant anlæg, de årlige aldersafhængige drifts- og vedligeholdelsesudgifter (herunder mindre reinvesteringer) anlæggets aldersafhængige scrapværdi samt værdien af dets benefits i form af el-, varme- og gødningsproduktion og miljøgevinster i forhold til traditionel energi- og gødningsproduktion. Endvidere er der i tabellen vist de aldersafhængige kapitalværdier, og endelig er der vist nettogevinsten $(B_t - C_t) + (S_t - S_{t-1}) - q \cdot S_{t-1}$ ved at anvende anlægget i den pågældende periode.

Anlægget koster ca. 60 mill. kr. at opføre. Disse udgifter afholdes i periode 0. De årlige drifts- og vedligeholdelsesudgifter ligger på omkring 3 mill. kr. mens anlægget er nogenlunde nyt frem til og med periode 9. Herefter skal der i periode 10 - 12 gennemføres en række mindre reinvesteringer, som betyder, at de årlige omkostninger i disse år ligger på 4 mill.kr. Til gengæld kan anlæggets omkostningseffektivitet herefter fastholdes i yderligere 4 år frem til og med periode 16. Herefter stiger de årlige omkostninger til 4, 4,5 og 5 mill. kr. i de følgende perioder. Anlæggets scrapværdi reduceres med stigende hastighed frem til periode 20, hvor den bliver 0. De 20 år antages også at være anlæggets tekniske levetid. Endelig kan værdien af de årlige benefits opgøres til 10 mill. kr.

Tabel 10.2.1 Aldersafhængige kapitalværdier ved investering i et biogasanlæg samt aldersbetingede nettogevinster ved at anvende anlægget i den pågældende periode

Alder år	Investerings- udgift mill. .kr.	Drifts- og vedli- geholdelsesudgif- ter C_t mill. kr.	Scrapværdi S_t mill. kr.	Benefits B_t mill. kr.	Kapitalværdi (6 pct.) mill. kr.	Nettogevinst $(B_t - C_t)$ $+ (S_t - S_{t-1})$ $- i \cdot S_{t-1}$ mill. kr.
0	60,0					
1		3,0	57,0	10,0	0,38	7,00
2		3,0	54,0	10,0	0,89	0,58
3		3,0	52,0	10,0	2,37	1,76
4		3,0	50,0	10,0	3,86	1,88
5		3,0	48,0	10,0	5,35	2,00
6		3,0	46,0	10,0	6,85	2,12
7		3,0	44,0	10,0	8,34	2,24
8		3,0	42,0	10,0	9,82	2,36
9		3,0	40,0	10,0	11,29	2,48
10		4,0	38,0	10,0	12,18	1,60
11		4,0	36,0	10,0	13,09	1,72
12		4,0	34,0	10,0	14,00	1,84
13		3,0	34,0	10,0	16,33	4,96
14		3,0	30,0	10,0	16,75	0,96
15		3,0	25,0	10,0	16,84	0,20
16		3,0	20,0	10,0	17,03	0,50
17		4,0	15,0	10,0	16,96	-0,20
18		4,5	10,0	10,0	16,82	-0,40
19		5,0	5,0	10,0	16,62	-0,60
20		5,0	0,0	10,0	16,53	-0,30

Hvis en diskonteringsrate $q = 0,06$ anvendes, kan anlægges kapitalværdi for hele den 20 årige periode beregnes til 16,53 mill. kr.; men det opnår sin maksimale kapitalværdi på 17,03 mill. kr. i periode 16. Herefter er der ingen yderligere gevinst at hente, hvilket også ses ved at netto-gevinsten $(B_t - C_t) + (S_t - S_{t-1}) - q \cdot S_{t-1}$ ved at anvende anlægget fra indtil da at have været positiv nu bliver negativ.

I dette eksempel svarer anlæggets økonomisk optimale levetid altså ikke til dets tekniske levetid. Under de givne forudsætninger bør anlægget kun benyttes i 16 år frem for i 20 år; men dette kan selvsagt være vanskeligt at vurdere allerede ved projektets start, hvor de fremtidige costs, benefits og scrapværdier er usikre. Eksemplet viser imidlertid, at et projekts økonomiske fordelagtighed principielt bør beregnes ved den optimale levetid herfor. Ellers opnås ikke et fulgyldigt billede heraf.

Til reglen for fastsættelse af optimal levetid kan tilføjes, at hvis scrapværdien ikke er positiv og faldende, men i stedet er konstant og negativ, bliver projektets optimale levetid forlænget. Dette er fx tilfældet, hvis projektet giver anledning til oprydningssomkostninger. Der spares forrentning af oprydningssomkostningerne ved at udskyde projektets afslutning. Projektet kan derfor fortsættes med negative netto-benefits, blot disse er mindre end den sparede forrentning.

Ren kalendereffekt

Når der er tale om ren alderseffekt - jf. det foregående - kan engangsinvesteringens optimale levetid bestemmes uafhængigt af, på hvilket kalendertidspunkt den gennemføres. Når der er tale om ren kalendereffekt, er det derimod kalendertidspunkterne for projektets start og ophør, som skal bestemmes. Kaldes disse tidspunkter hhv. t_{start} og $t_{ophør}$ kan projektets kapitalværdi beregnes som

$$K(t_{start}, t_{ophør}) = -e^{-\varphi t_{start}} \cdot I(t_{start}) + \int_{t_{start}}^{t_{ophør}} (B_t - C_t) \cdot e^{-\varphi t} \cdot dt + e^{-\varphi t_{ophør}} \cdot S(t_{ophør})$$

Herefter kan optimumtidspunkterne for projektets start og ophør bestemmes som - jf. *appendiks 10.2*.

$$(B_{t_{start}} - C_{t_{start}}) = -I'(t_{start}) + \varphi \cdot I(t_{start})$$

$$(B_{t_{ophør}} - C_{t_{ophør}}) = -S'(t_{ophør}) + \varphi \cdot S(t_{ophør})$$

Konklusion

Det optimale starttidspunkt er altså det tidspunkt, hvor netto-benefits netop kan opveje den forventede gevinst ved at udskyde projektet - nemlig summen af det forventede fald i investeringsudgiften og rentegevinsten ved at udskyde investeringen. Tilsvarende er det optimale ophørstidspunkt det tidspunkt, hvor netto-benefits netop opvejer fordelene ved at afhænde projektet til scrapværdien - nemlig summen af den herved undgåede reduktion af scrapværdien og rentegevinsten.

Når kun kalendereffekten gør sig gældende, kan de optimale tidspunkter for hhv. start og ophør bestemmes uafhængigt af hinanden. Starttidspunktet kan formuleres som et First Year Benefit kriterium, der angiver, at projektets forventede nettogrænsegevinst skal være positiv, før projektet sættes i gang. Tilsvarende skal projektet afsluttes, når dets nettogrænsegevinst er faldet til nul. Kriteriet for projektets ophør ved ren kalendereffekt må ikke sammenblandes med kriteriet for optimal levetid ved ren alderseffekt, selvom de minder om hinanden. Kun hvis $t_{start} = 0$, er $t_{ophør} = t_{opt}$.

I tilfældet med diskret tid kan projektets kapitalværdi beregnes som:

$$K(t_{start}, t_{ophor}) = -(1+q)^{-t_{start}} \cdot I(t_{start}) + \sum_{t=t_{start}+1}^{t_{ophor}} (B_t - C_t) \cdot (1+q)^{-t} + (1+q)^{-t_{ophor}} \cdot S(t_{ophor})$$

Heraf følger kriterierne for fastsættelsen af hhv. det optimale start- og ophørstidspunkt. Projektet bør igangsættes på tidspunkt t_{start} , hvis det, der vindes i form af netto-benefits i periode $t_{start+1}$ er større gevinsten ved at udskyde investeringen i form af reduceret investeringsudgift fra periode t_{start} til $t_{start+1}$ og sparede renteudgifter ved at udskyde starten af projektet. Dvs.

$$\Delta K(t_{start}, t_{ophor}) = (B_{t+1} - C_{t+1}) + (I(t+1) - I(t)) - q \cdot I(t) \geq 0 \text{ for } t = t_{start}$$

t_{start}

$$\text{og } \leq 0 \text{ for } t = t_{start} - 1$$

Projektet bør tilsvarende afsluttes på tidspunkt t_{ophor} , hvis fordelene ved at udskyde ophøret i form af netto-benefits i periode $t_{ophor}+1$ er mindre end summen af reduktionen i scrapværdien og renteindtægterne ved at realisere denne. Dvs.

$$\Delta K(t_{start}, t_{ophor}) = (1+q)^{-t_{ophor}} \cdot ((B_{t_{ophor}} - C_{t_{ophor}}) + (S_{t_{ophor}} - S_{t_{ophor}-1}) - q \cdot S_{t_{ophor}-1}) \geq 0 \text{ for } t = t_{ophor}$$

t_{ophor}

$$\text{og } \leq 0 \text{ for } t = t_{ophor} + 1$$

Som *eksempel* på anvendelsen af reglen for valget af kalenderstarttidspunkt, kan man forestille sig, at investeringsudgiften på det ovenfor omtalte biogasanlæg falder de kommende år - jf. *tabel 10.2.1*. Hvis fx den aktuelle investeringsudgift ligesom i eksemplet er 60 mill.kr., mens den næste år kun er 55 mill. kr. og året efter kun 53 mill. kr., kan det med de i tabellen angivne drifts- og vedligeholdelsesomkostninger og benefits, der begge er uafhængige af kalendertidspunktet, betale sig at udskyde investeringen til næste år, men ikke to år frem i tiden. Det gælder således:

$$\begin{aligned} \text{Gevinst ved at udskyde investeringen til kalenderår 1:} & - (10 - 3) + (60 - 55) + 0,06 \cdot 60 = & 1,6 \\ \text{Gevinst ved at udskyde investeringen til kalenderår 2:} & - (10 - 3) + (55 - 53) + 0,06 \cdot 55 = & -1,7 \end{aligned}$$

Det er klart, at den reducerede investeringsudgift også kan få indflydelse på de aldersbetingede scrapværdier og dermed på anlæggets optimale levetid og kalenderophørstidspunkt. Dette kan undersøges ved brug af den opstillede formel for det optimale ophørstidspunkt.

Både alders- og kalendereffekt

Når både alders- og kalendereffekten gør sig gældende kompliceres tidsfastsættelsesproblemet yderligere, idet start- og ophørstidspunkterne nu ikke længere kan bestemmes uafhængigt af hinanden. Projektets kapitalværdi kan i dette tilfælde beregnes som

$$K(t_{start}, t_{ophor}) = -e^{-\varphi t_{start}} \cdot I(t_{start}) + \int_{t_{start}}^{t_{ophor}} (B_{t,t-t_{start}} - C_{t,t-t_{start}}) \cdot e^{-\varphi t} \cdot dt + e^{-\varphi t_{ophor}} \cdot S(t_{ophor}, t_{ophor} - t_{start})$$

hvor netto-benefits i periode t ($B_{t,t-t_{start}} - C_{t,t-t_{start}}$) både afhænger af kalendertidspunktet t og af projektets alder $t - t_{start}$. Tilsvarende afhænger scrapværdien både af selve ophørstidspunktet t_{ophor} og af projektets alder på dette tidspunkt $t_{ophor} - t_{start}$.

Udledningen af det optimale start- og ophørstidspunkt ved hhv. kontinuert tid og diskret tid er vist i *appendiks 10.3*. Som forventet viser det sig, at disse tidspunkter begge afhænger af både t_{start} og t_{ophor} . Det er derfor nødvendigt at bestemme tidspunkterne simultant, hvilket ikke er nogen helt let opgave. Løsningen kræver

således både kendskab til investeringsudgiftens, benefits, costs og scrapværdiens udvikling over tid samt deres afhængighed af projektets alder.

Problemet kan under alle omstændigheder løses ved at beregne $K(t_{start}, t_{ophør})$ for alle mulige kombinationer af start- og ophørstidspunkter og vælge den kombination, for hvilken kapitalværdien er størst. Alternativt kan man ved hjælp af optimalitetsbetingelserne for hvert relevant starttidspunkt beregne det optimale ophørstidspunkt. Man kan herefter indsætte de forskellige kombinationer af start- og ophørstidspunkt i kapitalværdiformlen og herved finde den kombination, der maksimerer kapitalværdien.

Betydningen af flere efterfølgende investeringer - terminalværdi

I de foregående tilfælde har der udelukkende været tale om at tidsfastsætte en engangsinvestering, der ophører med realiseringen af scrapværdien. Normalt forestiller man sig imidlertid, at investeringsaktiviteten fortsætter herefter, uden at man nødvendigvis har en klar forestilling om hvordan. Er der til disse forestillinger knyttet forventninger til de fremtidige indtjeningsmuligheder, er det vigtigt at tage højde herfor i forbindelse med tidsfastsættelsen af engangsinvesteringen.

Omfanget af de forventede fremtidige indtjeningsmuligheder kan udtrykkes ved en såkaldt *terminalværdi*. Denne er udtryk for nutidsværdien af indtjeningsmulighederne henført til engangsinvesteringens ophørstidspunkt. Hvis terminalværdien benævnes TV , og der er tale om en engangsinvestering, hvor kun alderseffekten gør sig gældende, kan den optimal levetid t_{opt} herefter bestemmes på følgende måde. Projektets kapitalværdi er nu

$$K(t) = -I + \int_0^t (B_t - C_t) \cdot e^{-\varphi t} \cdot dt + S_t \cdot e^{-\varphi t} + TV \cdot e^{-\varphi t}$$

Den optimale levetid kan herefter ligesom i tilfældet med ren alderseffekt bestemmes som det tidspunkt, hvor $dK(t)/dt = 0$. Dvs.

$$\frac{dK(t)}{dt} = 0 \Rightarrow K'(t) = e^{-\varphi t} \cdot ((B_t - C_t) + S'(t) - \varphi \cdot S_t - \varphi \cdot TV) = 0 \Rightarrow (B_t - C_t) = -S'(t) + \varphi \cdot (S_t + TV)$$

Konklusion

Ved at sammenligne denne betingelse med betingelsen for optimal levetid ved ren alderseffekt ses, at tilføjelsen af en positiv terminalværdi indebærer, at kravet til netto-benefits på optimumstidspunktet er forøget med $\varphi \cdot TV$. Antages netto-benefits at være faldende over tiden betyder dette, at den optimale levetid reduceres. Dette resultat gælder generelt for engangsinvesteringer, dvs. også når både alders- og kalendereffekt gør sig gældende. En positiv terminalværdi vil i dette tilfælde også trække i retning af et tidligere starttidspunkt for projektet.

I tilfældet med diskret tid kan den optimale levetid fastsættes som

$$\Delta K(t) = (1 + q)^{-t} \cdot ((B_t - C_t) + (S_t - S_{t-1}) - q \cdot (S_{t-1} + TV)) \geq 0 \text{ for } t = t_{opt} \text{ og } \leq 0 \text{ for } t = t_{opt} + 1$$

I dette tilfælde er det endvidere relevant at bestemme de kritiske værdier for TV , som indebærer, at den optimale levetid reduceres med én periode.

Hvis man i *biogaseksemplet* tilføjer en terminalværdi på 10 mill. kr., ændres anlæggets optimale økonomiske levetid. Dette ses af *tabel 10.2.2*, hvor investeringsudgiften, drifts- og vedligeholdelsesudgifterne, benefits og scrapværdierne er uændrede i forhold til tidligere - jf. *tabel 10.2.1*. Det ses, at den optimale levetid nu reduceres fra 16 år til 14 år, idet kapitalværdien med denne levetid når sit maksimale niveau på 21,17 mill. kr. Herefter er der ikke yderligere gevinst ved at fortsætte driften af anlægget - nettogevinsterne herved er negative fra år 15 og frem.

Bemærk, at der i dette tilfælde heller ikke er en gevinst ved at forlænge anlæggets levetid fra år 1 til år 2. Dette tab opvejes dog af de følgende års gevinster. Sådanne lokale maksima kan altså udmærket forekomme, hvilket understreger betydningen af forudsætningerne for at anvende optimumsformlerne. Drifts- og vedligeholdelsesudgifterne skal være konstante eller stadigt stigende, hvilket netop ikke er tilfældet i det opstillede eksempel.

Som et modstykke til inddragelsen af en eventuel terminalværdi i tidsfastsættelsen skal også omtales det tilfælde, hvor engangsinvesteringens scrapværdi er lig med nul. Dette gælder formentlig visse offentlige investeringer, der ved endt brug hverken kan sælges eller har noget alternativt formål - fx en række offentligt ejede transportmidler eller anlæg. I dette tilfælde forenkles betingelserne for optimal tidsfastsættelse betydeligt, idet man kan se helt bort fra udviklingen i scrapværdien. Fx kan den optimale levetid nu bestemmes som den periode, inden for hvilken investeringens løbende netto-benefits er positive.

Selvom investeringen er uden scrapværdi, må man dog i de fleste tilfælde formode, at der er behov for at foretage en erstatningsinvestering. Der bliver tale om en egentlig investeringskæde. Tidsfastsættelsesproblemerne i relation hertil omtales i det følgende *afsnit 10.2.2*.

Tabel 10.2.2 Aldersafhængige kapitalværdier ved investering i et biogasanlæg samt aldersbetingede nettogevinster ved at anvende anlægget i den pågældende periode når der også regnes med en terminalværdi for investeringen

Alder år	Investerings- udgift <i>mill. kr.</i>	Termi- nalværdi <i>TV</i>	Drifts- og ved- ligeholdelses- udgifter <i>C_t</i> <i>mill. kr.</i>	Scrapværdi <i>S_t</i> <i>mill. kr.</i>	Benefits <i>B_t</i> <i>mill. kr.</i>	Kapitalværdi (6 pct.) <i>mill. kr.</i>	Nettogevinst (<i>B_t - C_t</i>) <i>+ (S_t - S_{t-1})</i> <i>- i · (S_{t-1} + TV)</i> <i>mill. kr.</i>
0	60,0						
1		10,0	3,0	57,0	10,0	9,81	7,60
2		10,0	3,0	54,0	10,0	9,79	-0,02
3		10,0	3,0	52,0	10,0	10,77	1,16
4		10,0	3,0	50,0	10,0	11,78	1,28
5		10,0	3,0	48,0	10,0	12,83	1,40
6		10,0	3,0	46,0	10,0	13,90	1,52
7		10,0	3,0	44,0	10,0	14,99	1,64
8		10,0	3,0	42,0	10,0	16,09	1,76
9		10,0	3,0	40,0	10,0	17,21	1,88
10		10,0	4,0	38,0	10,0	17,77	1,00
11		10,0	4,0	36,0	10,0	18,36	1,12
12		10,0	4,0	34,0	10,0	18,97	1,24
13		10,0	3,0	34,0	10,0	21,02	4,36
14		10,0	3,0	30,0	10,0	21,17	0,36
15		10,0	3,0	25,0	10,0	21,01	-0,40
16		10,0	3,0	20,0	10,0	20,97	-0,10
17		10,0	4,0	15,0	10,0	20,67	-0,80
18		10,0	4,5	10,0	10,0	20,32	-1,00
19		10,0	5,0	5,0	10,0	19,92	-1,20
20		10,0	5,0	0,0	10,0	19,64	-0,90

10.2.2 Investeringskæder

Mange investeringer eller projekter har en begrænset fysisk levetid, og det må derfor forventes, at projektet med mellemrum skal erstattes eller fornyes. Der bliver herved tale om en kæde af investeringer, og problemet bliver i så fald at bestemme de enkelte investeringers optimale udskiftningstidspunkter. Disse afhænger af, hvilken tidshorisont der anlægges. Der skelnes i det følgende mellem tre tilfælde:

1. En investeringskæde med et givet antal led i kæden, men en i øvrigt på forhånd ubestemt endelig tidshorisont.
2. En investeringskæde med en given endelig tidshorisont, men et på forhånd ubestemt antal led i kæden.
3. En investeringskæde med uendelig tidshorisont.

I alle tre tilfælde antages der at være tale om en identisk gentagelse af investeringen, og endvidere antages kun alderseffekten, at gøre sig gældende. Investeringskæden bør derfor, hvis dens samlede kapitalværdi er positiv, igangsættes straks på planlægningstidspunktet $t = 0$.

Givet antal led i investeringskæden

Hvis investeringskæden består af et givet antal led n , kan dens kapitalværdi beregnes som

$$K(t_1, t_2, \dots, t_n) = K(t_1) + e^{-\varphi t_1} \cdot K(t_2) + \dots + e^{-\varphi(t_1+t_2+\dots+t_{n-1})} \cdot K(t_n)$$

hvor t_1, t_2, \dots, t_n er levetiderne for kædens enkelte led.

De optimale levetider og dermed udskiftningstidspunkter for investeringskædens enkelte led kan herefter bestemmes som de tidspunkter, hvor $\partial K(t_1, t_2, \dots, t_n) / \partial t_1 = 0$, $\partial K(t_1, t_2, \dots, t_n) / \partial t_2 = 0$ osv. Dvs.

$$\frac{\partial K(t_1, t_2, \dots, t_n)}{\partial t_1} = K'(t_1) - \varphi \cdot e^{-\varphi t_1} \cdot K(t_2) - \varphi \cdot e^{-\varphi(t_1+t_2)} \cdot K(t_3) - \dots - \varphi \cdot e^{-\varphi(t_1+t_2+\dots+t_{n-1})} \cdot K(t_n) = 0$$

$$\frac{\partial K(t_1, t_2, \dots, t_n)}{\partial t_2} = e^{-\varphi t_1} \cdot K'(t_2) - \varphi \cdot e^{-\varphi(t_1+t_2)} \cdot K(t_3) - \dots - \varphi \cdot e^{-\varphi(t_1+t_2+\dots+t_{n-1})} \cdot K(t_n) = 0$$

.

.

.

$$\frac{\partial K(t_1, t_2, \dots, t_n)}{\partial t_{n-1}} = e^{-\varphi(t_1+t_2+\dots+t_{n-2})} \cdot K'(t_{n-1}) - \varphi \cdot e^{-\varphi(t_1+t_2+\dots+t_{n-1})} \cdot K(t_n) = 0$$

$$\frac{\partial K(t_1, t_2, \dots, t_n)}{\partial t_n} = e^{-\varphi(t_1+t_2+\dots+t_{n-1})} \cdot K'(t_n) = 0$$

Dette ligningssystem ses at kunne løses rekursivt, således at t_n - levetiden for det sidste led i investeringskæden - bestemmes først, hvilket sker gennem opfyldelse af den sidstnævnte optimumsbetingelse. Derefter bestemmes t_{n-1} ved at indsætte den fundne værdi for t_n i den næstsidste optimumsbetingelse og løse denne for t_{n-1} og så fremdeles. Den afledte af det enkelte leds kapitalværdi med hensyn til dette investeringsleds levetid fås fra den i afsnit 10.2.1 opstillede optimumsbetingelse for en engangsinvesterings levetid.

$$K'(t_n) = e^{-\varphi \cdot t_n} \cdot ((B_{t_n} - C_{t_n}) + S'(t_n) - \varphi \cdot S_{t_n})$$

Konklusion

Da der er tale om identisk gentagelse af den samme investering, ses det af optimumsbetingelserne, at den optimale levetid for investeringskædens enkelte led bliver stadig længere, hvis $K(t)$, som det normalt er tilfældet, er faldende med stigende t .

I tilfældet med diskret tid kan problemstillingen løses helt parallelt til det kontinuerte tilfælde ved først at bestemme den optimale levetid og kapitalværdi for det sidste led i investeringskæden og derefter givet denne løsning successivt bestemme levetiden for de følgende led.

Givet endelig tidshorisont

Normalt er det ikke antallet af led i investeringskæden n , der er givet på forhånd, men derimod tidshorisonten T . Problemstillingen bliver i så fald at bestemme antallet af led i kæden, således at dennes samlede kapitalværdi maksimeres. Da der er tale om identiske investeringer, sker dette ved at fastsætte de udskiftningstidspunkter t_{opt} og dermed optimale levetider for hvert led i kæden, som sikrer, at gevinsten ved udskiftning på dette tidspunkt overstiger gevinsten ved at fortsætte investeringen endnu en periode. Dvs.

$$(B_I - C_I) \cdot (1+q)^{-I} + S_{t_{opt}} - I \geq (B_{t_{opt}+1} - C_{t_{opt}+1}) \cdot (1+q)^{-I}$$

Konklusion

Den optimale levetid adskiller sig i dette tilfælde fra engangsinvesteringens, hvor der ikke er mulighed for at udskifte investeringen, som derfor fortsættes indtil nettofordelen herved bliver negativ. Udskiftningstidspunkterne adskiller sig også fra tilfældet med et givet antal led i investeringskæden. Det er nemlig ikke tilstrækkeligt, at bidraget fra det enkelte led til den samlede kapitalværdi er positivt. Bidraget ved at fortsætte investeringen i det enkelte led skal også overstige bidraget ved at udskifte. Dette betyder, at investeringsledenes levetider i en investeringskæde med en given endelig tidshorisont generelt vil være kortere end i en investeringskæde med et givet antal led, men i øvrigt ligesom i denne være af forskellig længde.

De to problemstillinger kan i øvrigt løses på samme måde - jf. ovenfor. Det sidste led i kæden skal under alle omstændigheder sælges ved udgangen af periode T . Det første spørgsmål er derfor, hvilken alder investeringen bør have på dette tidspunkt. Dette vurderes ved at undersøge, om bidraget til kapitalværdien fra denne periode er størst ved at have udskiftet på tidspunkt $T-1$ eller på et tidligere tidspunkt. Når dette delproblem er løst, kan den optimale levetid for det næstsidste led bestemmes på tilsvarende måde, og så fremdeles.

Uendelig tidshorisont

Anlægges en uendelig tidshorisont ophæves forskellen mellem tilfældet med et givet antal led i investeringskæden og en given endelig tidshorisont. Antallet af led i en investeringskæde med uendelig horisont bliver også uendeligt. Det kan endvidere vises, at levetiden for de enkelte i øvrigt identiske led i kæden er konstant - i modsætning til i de to andre tilfælde, hvor levetiden er længere jo senere investeringsled, der er tale om. Dette er vist i *appendiks 10.4*.

Kapitalværdien K af den uendelige investeringskæde, hvor hvert led har levetiden t , kan opgøres på følgende måde:

$$K = K(t) + e^{-\varphi t} \cdot K(t) + \dots + e^{-\varphi(n-1)t} \cdot K(t_n) + \dots$$

Heraf fås:

$$K = K(t) + e^{-\varphi t} \cdot K \Rightarrow K = \frac{K(t)}{1 - e^{-\varphi t}}$$

Den fælles optimale levetid kan herefter bestemmes som den værdi t_{opt} for hvilken

$$\frac{dK}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{d \frac{K(t)}{1 - e^{-\varphi t}}}{dt} \Rightarrow K'(t) = \varphi \cdot \frac{e^{-\varphi t}}{(1 - e^{-\varphi t})} \cdot K(t) = \varphi \cdot e^{-\varphi t} \cdot K$$

$$\Rightarrow e^{-\varphi t} \cdot ((B_t - C_t) + S'(t) - \varphi \cdot S(t)) = \varphi \cdot e^{-\varphi t} \cdot K \Rightarrow (B_t - C_t) + S'(t) - \varphi \cdot S(t) = \varphi \cdot K$$

Konklusion

Den fælles levetid t_{opt} fastsættes altså således, at den marginale kapitalværdi med hensyn til levetiden er lig med den gennemsnitlige netto-gevinst over hele investeringskædens uendelige levetid.

I det diskrete tilfælde kan der opstilles tilsvarende optimumsbetingelser; men det er lettere at finde den fælles optimale levetid for investeringskædens led ved at maksimere K direkte. Dvs. finde det t_{opt} , for hvilket

$$K = K(t) \cdot \sum_{k=0}^{\infty} (1+q)^{-k \cdot t} = \frac{K(t)}{1-(1+q)^{-t}}$$

maksimeres, hvor $K(t) = -I + \sum_{\tau=1}^t (B_{\tau} - C_{\tau}) \cdot (1+q)^{-\tau} + S(t) \cdot (1+q)^{-t}$. Dette kan enten gøres ved at beregne K for forskellige værdier af t eller ved finde den værdi af t , for hvilket den gennemsnitlige netto-gevinst $q \cdot K$ over den uendelig tidshorisont er størst. Dvs. t_{opt} fastsættes, således at

$$q \cdot K = \frac{q \cdot K(t)}{1-(1+q)^{-t}} = (-I + \sum_{\tau=1}^t (B_{\tau} - C_{\tau}) \cdot (1+q)^{-\tau} + S(t) \cdot (1+q)^{-t}) \cdot \frac{q}{1-(1+q)^{-t}}$$

maksimeres. Bemærk, at $\frac{q}{1-(1+q)^{-t}}$ er den såkaldte kapitalinvindingsfaktor $\alpha(q, t)$ der angiver den konstante betaling, som skal erlægges for over t perioder at afdrage og forrente en investering på én krone - jf. afsnit 7.2.

I tabel 10.2.3 er vist de levetidsafhængige kapitalværdier for en uendeligt gentaget investering i biogasanlægget, der blev omtalt i afsnit 10.2.1. Det ses, at investeringens optimale levetid i dette tilfælde bliver 13 år i modsætning til de 16 år, som gjaldt for éngangsinvesteringen. Den optimale levetid for investeringskædens enkelte led bliver således i mange tilfælde kortere end éngangsinvesteringens, når der er tale om en uendeligt gentaget investering. Dette skyldes, at éngangsinvesteringen bør fortsætte så længe de løbende netto-benefits kan opveje tabet ved at udsætte realiseringen af scrapværdien. Muligheden for at gentage investeringen indebærer, at netto-benefits skal kunne opveje både dette tab og den annuierede kapitalværdi af alle de følgende gentagne investeringer.

Tabel 10.2.3 Aldersafhængige kapitalværdier ved investering i et biogasanlæg hvor investeringen gentages over en uendelig tidshorisont

Alder	Investerings- udgift	Drifts- og vedlige- holdelsesudgifter C_t	Scrapværdi S_t	Benefits B_t	Kapitalværdi $\frac{K(t)}{1 - 1,06^{-t}}$
år	mill. kr.	mill. kr.	mill. kr.	mill. kr.	mill. kr.
0	60,0				
1		3,0	57,0	10,0	6,67
2		3,0	54,0	10,0	8,12
3		3,0	52,0	10,0	14,79
4		3,0	50,0	10,0	18,57
5		3,0	48,0	10,0	21,19
6		3,0	46,0	10,0	23,22
7		3,0	44,0	10,0	24,90
8		3,0	42,0	10,0	26,36
9		3,0	40,0	10,0	27,66
10		4,0	38,0	10,0	27,58
11		4,0	36,0	10,0	27,66
12		4,0	34,0	10,0	27,83
13		3,0	34,0	10,0	30,74
14		3,0	30,0	10,0	30,04
15		3,0	25,0	10,0	28,89
16		3,0	20,0	10,0	28,09
17		4,0	15,0	10,0	26,98
18		4,5	10,0	10,0	25,89
19		5,0	5,0	10,0	24,82
20		5,0	0,0	10,0	24,01

10.2.3 Konstante netto-benefits

I afsnit 10.2.1 og 10.2.2 er det forudsat, at alderseffekten gør sig gældende, og at projektets netto-benefits ($B_t - C_t$) derfor er faldende med projektets levetid. Dette i kombination med en faldende scrapværdi $S(t)$ over levetiden bidrager til at gøre tidsfastsættelsesproblemet mere kompliceret - især når også kalendereffekten gør sig gældende. I nogle tilfælde kan man imidlertid antage, at netto-benefits er konstante over tiden. Dette kræver, at det samtidig antages, at de løbende omkostninger C_t også omfatter omkostningerne ved en løbende vedligeholdelse af projektet, som sikrer, at dettes effektivitet bevares. Hvis samtidig projektet scrapværdi antages at være nul - ingen alternativ brug heraf - forsimples tidsfastsættelsesproblemet betydeligt.

Engangsinvesteringens optimale levetid kan bestemmes som det tidspunkt, hvor netto-benefits bliver nul. Når det antages, at disse er konstante, så længe projektet varer, indebærer dette, at projektet skal fortsættes, så længe der er behov for det. Dette gælder både, når alders- og kalendereffekten gør sig gældende. Hvis projektets ophør giver anledning til ressourceforbrug - fx oprydning af et benyttet anlæg - har det som omtalt en negativ scrapværdi. Dette vil dog ikke bidrage til forlængelse af projektets levetid, som i forvejen er bestemt af behovet herfor. Heller ikke en positiv terminalværdi har indflydelse på levetiden. Hvis forrentningen af terminalværdien overstiger de løbende netto-benefits, skal projektet nemlig slet ikke gennemføres, og er forrentningen mindre end netto-benefits, bestemmes levetiden af behovet for projektet.

Forudsætningen om konstante netto-benefits gør tilfældet med tidsfastsættelse i relation til investeringskæder irrelevant. Der er reelt kun én investering, som bør ophøre, når behovet for projektet ikke længere er til stede.

10.3. Optimalt starttidspunkt

Resultaterne fra afsnit 10.2 kan benyttes i relation til to almindelige og helt specifikke problemstillinger - for det første fastsættelsen af starttidspunktet for et helt nyt projekt og for det andet fastsættelsen af det optimale udskiftningstidspunkt for en investering, der skal erstattes med et andet og mere efficient projekt. Den sidstnævnte problemstilling er fx helt central for behandlingen af allerede afholdte investeringer i forbindelse med prioriteringen af indsatsen over for et givet miljøproblem - jf. afsnit 10.4.

10.3.1 Nyt projekt

Fastsættelsen af det optimale starttidspunkt for et nyt projekt er kun relevant, hvis kalendereffekten gør sig gældende. Hvis alene alderseffekten gør sig gældende, bør et fordelagtigt projekt igangsættes hurtigst muligt. Hvis derimod kalendereffekten også gør sig gældende, kan det måske være fordelagtigt at udskyde starttidspunktet. Det er ikke nok, at projektets kapitalværdi er positiv ved at igangsætte projektet nu. Det er også vigtigt at vælge det starttidspunkt, hvor kapitalværdien er størst.

Fastsættelsen af starttidspunktet er relevant i relation til en række problemstillinger inden for miljøområdet. Hvis efterspørgslen efter nogle af naturens rekreative værdier forventes at stige over tid, er det ikke utænkeligt, at det kan betale sig at udskyde visse naturgenopretningsprojekter og i stedet benytte den forventede investeringssum på anden måde. Tilsvarende kan det måske også i visse tilfælde betale sig at udskyde løsningen af et miljøproblem indtil de negative konsekvenser heraf har antaget et tilstrækkeligt stort omfang eller omkostningerne ved at løse problemet på anden måde er blevet større end nu - dvs. projektets forventede benefits er blevet tilstrækkeligt store. Dette kunne være tilfældet, hvis alternativomkostningerne ved reduktion af emissionerne af drivhusgasser forventes at stige over tid - jf. skovrejsningseksemplet nedenfor.

Hvis alene kalendereffekten gør sig gældende blev det i *afsnit 10.2.1* vist, at projektets kapitalværdi kan opgøres som

$$K(t_{start}, t_{ophor}) = -e^{-\varphi \cdot t_{start}} \cdot I_{t_{start}} + \int_{t_{start}}^{t_{ophor}} (B_t - C_t) \cdot e^{-\varphi t} \cdot dt + e^{-\varphi t_{ophor}} \cdot S_{t_{ophor}}$$

De optimale start- og ophørstidspunkter fastsættes herefter ud fra følgende optimumsbetingelser:

$$(B_{t_{start}} - C_{t_{start}}) = -I'(t_{start}) + \varphi \cdot I_{t_{start}}$$

$$(B_{t_{ophor}} - C_{t_{ophor}}) = -S'(t_{ophor}) + \varphi \cdot S_{t_{ophor}}$$

Konklusion

Hvis projektets investeringsudgift er uafhængig af starttidspunktet, bør projektet altså igangsættes på det tidspunkt, hvor dets forventede løbende netto-benefits netop overstiger forrentningen af investeringsudgiften. Tilsvarende hvis scrapværdien er uafhængig af ophørstidspunktet, bør projektet ophøre, når dets løbende netto-benefits ikke længere er større end forrentningen af scrapværdien. Hvis projektet forventes altid at have positive løbende netto-benefits, og dets scrapværdi enten er nul eller ligefrem negativ på grund af oprydningssomkostninger, bør det først afsluttes, når et mere efficient projekialternativ foreligger - jf. *afsnit 10.3.2*.

I tilfældet med diskret tid, og under forudsætning af at investeringsudgiften er uafhængig af tiden, og projektets netto-benefits altid overstiger forrentningen af scrapværdi, kan projektets kapitalværdi beregnes som - jf. Finansministeriet (1999):

$$\begin{aligned}
K(t_{start}, \infty) &= -(1+q)^{-t_{start}} \cdot I + \sum_{t=t_{start}+1}^{\infty} (B_t - C_t) \cdot (1+q)^{-t} \\
&= -q \cdot I \cdot (q^{-1} - q^{-1} \cdot (1 - (1+q)^{-t_{start}})) + \sum_{t=t_{start}+1}^{\infty} (B_t - C_t) \cdot (1+q)^{-t} \\
&= -q \cdot I \cdot \left(\sum_{t=1}^{\infty} (1+q)^{-t} - \sum_{t=1}^{t_{start}} (1+q)^{-t} \right) + \sum_{t=t_{start}+1}^{\infty} (B_t - C_t) \cdot (1+q)^{-t} \\
&= \sum_{t=t_{start}+1}^{\infty} (B_t - C_t - q \cdot I) \cdot (1+q)^{-t}
\end{aligned}$$

Det ses umiddelbart, at kapitalværdien maksimeres ved at vælge et optimalt starttidspunkt i starten af den periode, hvor projektets netto-benefits netop overstiger forrentningen af investeringsudgiften. Når det kun er kalendereffekten, der gør sig gældende, kan det altså ikke betale sig at påbegynde projektet på et tidspunkt, hvor nogle af de første perioders netto-benefits er enten mindre end nul eller er mindre end forrentningen af investeringssummen. Dette vil bidrage negativt til projektets samlede kapitalværdi.

Hvis også alderseffekten gør sig gældende, og det fx er uomgængeligt nødvendigt, at projektet i en periode har negative netto-benefits, så kan den angivne beslutningsregel selvsagt ikke benyttes. Da kan man enten benytte det i *afsnit 10.2.1* opstillede relativt komplicerede beslutningskriterium, eller man kan direkte beregne projektets kapitalværdi ved forskellige starttidspunkter.

Som *eksempel* på fastsættelsen af det optimale starttidspunkt er der i *tabel 10.3.1* vist *de velfærdøkonomiske netto-benefits ved anlæg og drift af 1 ha bøgeskov*. Af hensyn til overskueligheden er det valgt at præsentere konsekvenserne for det første år 0 og derefter fordelt på 10-års intervaller. Den samlede jordrente for årene 1-10 udgør således -14.000 kr., for årene 11-20 -9.000 kr. og så fremdeles. Det ses, at værdien af de opnåede netto-benefits er negative i år 0 (-52.000 kr.) men herefter bliver de positive.

Tabel 10.3.1 De velfærdsøkonomiske netto-benefits ved anlæg og drift af 1 ha bøgeskov

År	Jordrente ¹ <i>1.000 kr.</i>	Jagtleje <i>1.000 kr.</i>	Rekreativ værdi <i>1.000 kr.</i>	CO ₂ -lagring <i>tons</i>	CO ₂ -skyggepris ² <i>1.000 kr./ton.</i>	Årlige netto-benefits <i>1.000 kr.</i>
0	-52					-52,00
1-10	-14	1		75	0,30	9,50
11-20	-9	2		75	0,45	26,75
21-30	1	3	4	75	0,50	45,50
31-40	4	4	4	75	0,50	49,50
41-50	8	5	4	75	0,50	54,50
51-60	8	6	4	75	0,50	55,50
61-70	14	7	4	75	0,50	62,50
71-80	19	8	4	75	0,50	68,50
81-90	23	9	4	75	0,50	73,50
91-100	99	10	4	75	0,50	150,50
100	-4	10	4			10,00
101-110	-3	10	4			11,00
111-120	-5	10	4			9,00
121-130	-2	10	4			12,00
131-140	4	10	4			18,00
141-150	8	10	4			22,00
151-160	8	10	4			22,00
161-170	14	10	4			28,00
171-180	19	10	4			33,00
181-190	23	10	4			37,00
191-200	99	10	4			113,00
200	-4	10	4			10,00
201-210	-3	10	4			11,00
...

- Noter:
1. Jordrenten er defineret som samtlige indtægter fratrukket samtlige drifts- og etableringsudgifter samt udgifter til kapitalapparat. Den repræsenterer således en aflønning af ejeren af det jordareal, hvorpå skoven etableres.
 2. CO₂-skyggeprisen angiver værdien af de sparede alternative omkostninger til reduktion af CO₂-emissionerne i overensstemmelse med de opstillede målsætninger herfor.

I den første omdriftsperiode på 100 år er skoven udelukkende plantet. Investeringsudgifterne i denne periode er derfor væsentlig højere i denne periode end i den næste 100-årige omdriftsperiode (fra år 100 til år 200) hvor skoven vokser op ved selvforyngelse. De forventede indtægter ved salg af træet er selvsagt de samme i første og anden omdriftsperiode. De følgende omdriftsperioder er gentagelser af den anden periode.

De fleste gevinster er udelukkende aldersafhængige. Dette gælder således værdien af jagten, der stiger, efterhånden som skoven vokser til, samt værdien af de rekreative muligheder, som først opnås, når skoven har nået en alder på ca. 20 år. Den eneste gevinst, der er afhængig af kalendertidspunktet, er værdien af skovens CO₂-binding. Der bindes således ca. 7,5 tons CO₂ om året fra skoven er i vækst i år 1 til den bliver fældet i år 99. Herefter vokser skoven op igen ved selvforyngelse; men der bindes ikke yderligere CO₂ under denne 2. omdrift, idet den bundne CO₂ under 1. omdrift frigives igen. Værdien af CO₂-bindingen er bestemt af skyggeprisen herpå - dvs. værdien af de sparede alternative omkostninger til reduktion af CO₂-emissionerne i overensstemmelse med de opstillede målsætninger herfor. CO₂-skyggeprisen er i eksemplet 300 kr. de kommende 10 år. Herefter stiger den de næste 10 år til 450 kr. pr. ton for fra år 21 og frem at være 500 kr. pr. ton.

Da netto-benefits både er alders- og kalendertidspunktsafhængige, må det optimale starttidspunkt for anlægget af bøgebeplantningen herefter fastsættes ved at beregne projektets kapitalværdi ved forskellige starttidspunkter.

Kapitalværdien ved start år 0 $K(0)$ kan med en diskonteringsrate på 6 pct. beregnes som

$$K(0) = \left[-52 + \frac{9,50}{1,06^5} + \frac{26,75}{1,06^{15}} + \frac{45,50}{1,06^{25}} + \dots + \frac{150,50}{1,06^{95}} \right] + \left[10 + \frac{11}{1,06^5} + \dots + \frac{113}{1,06^{95}} \right] \cdot \frac{1}{0,06} \cdot \frac{1}{1,06^{100}} = -5,55$$

Projektet har altså en negativ kapitalværdi på 5.550 kr., hvis det igangsættes nu. Ved at udskyde projektet i 10 år til tidspunktet, hvor skyggeprisen på CO₂ er steget fra 300 kr./ton til 450 kr./ton, opnås en kapitalværdigevinst. Nettobenefits i år 1-10 stiger fra 9.500 kr. til 20.750 kr. og i år 11-20 fra 26.750 kr. til 30.500 kr. Herefter er de årlige netto-benefits de samme, som hvis projektet blev påbegyndt i år 0 - blot med 10 års forsinkelse. Gevinsterne i projektets start indebærer at dets kapitalværdi ved start i år 10 $K(10)$ stiger til 2.470 kr. Dette beregnes på følgende måde.

$$K(10) = \frac{1}{1,06^{10}} \cdot \left(\left[-52 + \frac{20,75}{1,06^5} + \frac{30,5}{1,06^{15}} + \frac{45,50}{1,06^{25}} + \dots + \frac{150,50}{1,06^{95}} \right] + \left[10 + \dots + \frac{113}{1,06^{95}} \right] \cdot \frac{1}{0,06} \cdot \frac{1}{1,06^{100}} \right) = 2,47$$

Spørgsmålet er nu, om det kan betale sig at udskyde projektet i yderligere 10 år. På dette tidspunkt er CO₂-skyggeprisen nemlig steget yderligere til 500 kr./ton. Herved stiger netto-benefits i år 1-10 fra 2.075 kr. til 2.450 kr. Til gengæld udskydes erhvervelsen af projektets andre gevinster i yderligere 10 år. Det viser sig, at det ikke kan betale sig, at vente med at starte tilplantningen til år 20; thi kapitalværdien $K(20)$ ved start dette år bliver kun 2.250 kr.

$$K(20) = \frac{1}{1,06^{20}} \cdot \left(\left[-52 + \frac{24,50}{1,06^5} + \frac{30,5}{1,06^{15}} + \frac{45,50}{1,06^{25}} + \dots + \frac{150,50}{1,06^{95}} \right] + \left[10 + \dots + \frac{113}{1,06^{95}} \right] \cdot \frac{1}{0,06} \cdot \frac{1}{1,06^{100}} \right) = 2,25$$

Gevinsten i projektets første periode kan altså ikke i dette tilfælde opveje tabet ved at alle andre perioders ganske vist uændrede gevinster udskydes yderligere.

10.3.2 Erstatning af eksisterende investering

I mange tilfælde skal den overvejede investering erstatte et allerede eksisterende projekt. Dette kan fx være tilfældet, når der er udviklet en ny teknologi, som er mere efficient end den eksisterende. Der kan være tale om en ny genanvendelsesteknik, som kan erstatte et eksisterende affaldsbortskaffelsesanlæg, om et nyt mere efficient transportmiddel, om en mere efficient energiproduktionsteknologi osv. Problemet er nu, hvornår det bedst kan betale sig at udskifte den eksisterende teknologi med den nye.

Den nye teknologi er mere efficient end den eksisterende, hvis den nye teknologis gennemsnitlige maksimale gevinst ved optimal levetid for en uendeligt gentaget investering heri er større end den tilsvarende gennemsnitlige gevinst ved at anvende den eksisterende teknologi. Den gennemsnitlige maksimale gevinst kan som angivet i *afsnit 10.2.2* bestemmes som

$$q \cdot K = \frac{q \cdot K(t_{opt})}{1 - (1 + q)^{-t_{opt}}} = \left(-I + \sum_{\tau=1}^{t_{opt}} (B_{\tau} - C_{\tau}) \cdot (1 + q)^{-\tau} + S(t_{opt}) \cdot (1 + q)^{-t_{opt}} \right) \cdot \frac{q}{1 - (1 + q)^{-t_{opt}}}$$

Det afgørende for beslutningen om, hvornår det eksisterende anlæg skal udskiftes, er herefter forholdet mellem det nye projekts maksimale gennemsnitlige gevinst og den marginale gevinst ved at fortsætte med det eksisterende anlæg. Idet den eksisterende teknologi, der skal udskiftes, kan betragtes som en engangsinvestering, kan grænsegevinsten på tidspunkt t som vist i *afsnit 10.2.1* opgøres som

$$\Delta K(t) = (B_t - C_t) + (S_t - S_{t-1}) - q \cdot S_{t-1}$$

Det gælder herefter umiddelbart, at hvis den nye teknologis gennemsnitlige gevinst er større end den maksimalt mulige grænsegevinst for den eksisterende teknologi i resten af dennes levetid, da bør den eksisterende

teknologi udskiftes straks. Alle dennes bidrag til kapitalværdien er mindre end, hvad man gennemsnitligt kan få ud af at udskifte den med den nye teknologi.

Hvis derimod det eksisterende anlægs grænsegevinst på planlægningstidspunktet er større end det nye anlægs gennemsnitlige gevinst, da bør udskiftningen udsættes, indtil dette ikke længere er tilfældet. Samtidig bør det sikres, at det eksisterende anlægs grænsegevinst ikke på et senere tidspunkt bliver større end den nye teknologiske gennemsnitlige gevinst.

Det egentligt vanskelige tilfælde er situationen, hvor det eksisterende anlægs grænsegevinst på planlægningstidspunktet $t = 0$ er mindre end den nye teknologiske gennemsnitlige gevinst, men på et senere tidspunkt bliver større end denne for først på tidspunkt T igen at blive mindre. Problemet er nu, om det eksisterende anlæg bør udskiftes straks, eller om man bør vente til tidspunkt T . Dette kan afgøres ved at sammenligne de to muligheds kapitalværdier frem til dette tidspunkt.

Udskiftes det eksisterende anlæg straks, realiseres scrapværdien S_0^{gml} , og der opnås en gennemsnitlig gevinst $q \cdot K^{ny}$ fra det nye anlæg i T perioder. Den samlede kapitalværdi ved at udskifte straks kan derfor opgøres som $S_0^{gml} + q \cdot K^{ny} \cdot \alpha(q, T)^{-1}$, hvor $\alpha(q, T)^{-1}$ er *annuitetsfaktoren* $\frac{1 - (1+q)^{-T}}{q}$. Kapitalværdien af den eksisterende teknologi frem til tidspunkt T kan opgøres som

$$K_{0,T}^{gml} = \sum_{t=1}^T (B_t^{gml} - C_t^{gml}) \cdot (1+q)^{-t} + S_T^{gml} \cdot (1+q)^{-T}$$

Det gælder altså, at det eksisterende anlæg bør udskiftes straks, hvis

$$\begin{aligned} q \cdot K^{ny} &\geq \left(\sum_{t=1}^T (B_t^{gml} - C_t^{gml}) \cdot (1+q)^{-t} + S_T^{gml} \cdot (1+q)^{-T} - S_0^{gml} \right) \cdot \alpha(q, T) \\ &= \left(\sum_{t=1}^T (B_t^{gml} - C_t^{gml}) \cdot (1+q)^{-t} \right) \cdot \alpha(q, T) - (S_0^{gml} - S_T^{gml}) \cdot \alpha(q, T) - (1 - (1+q)^{-T}) \cdot S_T^{gml} \cdot \alpha(q, T) \\ &= \left(\sum_{t=1}^T (B_t^{gml} - C_t^{gml}) \cdot (1+q)^{-t} \right) \cdot \alpha(q, T) - (S_0^{gml} - S_T^{gml}) \cdot \alpha(q, T) - q \cdot S_T^{gml} \end{aligned}$$

Ellers bør det først udskiftes på tidspunkt T , hvor det eksisterende anlægs grænsegevinst igen bliver mindre end de nye anlægs gennemsnitlige gevinst.

Kriterierne for fastsættelsen af det optimale tidspunkt for udskiftning af en eksisterende teknologi med en ny mere efficient kan herefter sammenfattes på følgende måde:

1. Hvis

$$q \cdot K^{ny} \geq \Delta K(t)_{max}^{gml} = ((B_t^{gml} - C_t^{gml}) + (S_t^{gml} - S_{t-1}^{gml}) - q \cdot S_{t-1}^{gml})_{max}$$

da bør den eksisterende teknologi udskiftes straks.

2. Hvis

$$q \cdot K^{ny} \leq \Delta K(0)^{gml} = (B_0^{gml} - C_0^{gml}) + (S_0^{gml} - S_{-1}^{gml}) - q \cdot S_{-1}^{gml}$$

da bør udskiftningen udsættes, indtil dette ikke længere er tilfældet. Samtidig bør det sikres, at det eksisterende anlægs grænsegevinst ikke på et senere tidspunkt bliver større end den nye teknologis gennemsnitlige gevinst.

3. Hvis

$$q \cdot K^{ny} \geq \Delta K(\tau)^{gml} = (B_{\tau}^{gml} - C_{\tau}^{gml}) + (S_{\tau}^{gml} - S_{\tau-1}^{gml}) - q \cdot S_{\tau-1}^{gml} \quad \text{for } 0 \leq \tau \leq t$$

$$q \cdot K^{ny} \leq \Delta K(\tau)^{gml} = (B_{\tau}^{gml} - C_{\tau}^{gml}) + (S_{\tau}^{gml} - S_{\tau-1}^{gml}) - q \cdot S_{\tau-1}^{gml} \quad \text{for } t \leq \tau \leq t+T$$

$$q \cdot K^{ny} \geq \Delta K(\tau)^{gml} = (B_{\tau}^{gml} - C_{\tau}^{gml}) + (S_{\tau}^{gml} - S_{\tau-1}^{gml}) - q \cdot S_{\tau-1}^{gml} \quad \text{for } \tau \geq t+T$$

da bør det eksisterende anlæg udskiftes straks, hvis

$$q \cdot K^{ny} \geq \left(\sum_{t=1}^T (B_t^{gml} - C_t^{gml}) \cdot (1+q)^{-t} \right) \cdot \alpha(q, T) - (S_0^{gml} - S_T^{gml}) \cdot \alpha(q, T) - q \cdot S_T^{gml}$$

ellers bør det udskiftes på tidspunkt $t + T$.

Konklusion

Det generelle kriterie for udskiftning af et eksisterende anlæg med et nyere og mere efficient er altså, at udskiftningstidspunktet fastsættes, således at kapitalværdien ved at anvende de to teknologier maksimeres. Dette kriterie dækker også de tilfælde, som ikke er omfattet af de tre ovenstående specifikke kriterier.

Anvendelsen af kriterierne kræver mange informationer vedrørende den tidsmæssige fordeling af gevinster og omkostninger. Det kan derfor undertiden i praksis være nødvendigt at gøre en række forsimplende antagelser. Man kan fx afstå fra at bestemme optimal levetid og restlevetid for hhv. det nye og det gamle anlæg og i stedet fastsætte dem til et forventet antal år n og m . Hvis endvidere de to teknologiers forventede årlige netto-benefits er konstante, kan deres gennemsnitlige årlige nettogevinster NG opgøres som hhv.

$$\begin{aligned} NG^{ny} &= (B^{ny} - C^{ny}) - (I^{ny} - S_n^{ny} \cdot (1+q)^{-n}) \cdot \alpha(q, n) \\ &= (B^{ny} - C^{ny}) - (I^{ny} - S_n^{ny}) \cdot \alpha(q, n) - (1 - (1+q)^{-n}) \cdot S_n^{ny} \cdot \alpha(q, n) \\ &= (B^{ny} - C^{ny}) - (I^{ny} - S_n^{ny}) \cdot \alpha(q, n) - q \cdot S_n^{ny} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NG^{gml} &= (B^{gml} - C^{gml}) - (S_0^{gml} - S_m^{gml} \cdot (1+q)^{-m}) \cdot \alpha(q, m) \\ &= (B^{gml} - C^{gml}) - (S_0^{gml} - S_m^{gml}) \cdot \alpha(q, m) - q \cdot S_m^{gml} \end{aligned}$$

Hvis $NG^{ny} \geq NG^{gammel}$, bør det eksisterende anlæg straks udskiftes med det ny. I så fald er det nye anlægs årlige netto-benefits fratrukket det årlige tab i investeringens værdi og forrentningen af anlæggets scrapværdi ved udgangen af periode n større end det eksisterende anlægs årlige netto-benefits fratrukket det årlige tab af

scrapværdi og forrentningen af den forventede scrapværdi ved udgangen af periode m . Hvis det omvendte er tilfældet, bør det eksisterende anlæg fortsat benyttes, men højst i m perioder og måske i færre perioder, hvis nye informationer ændrer de relative kapitalværdier.

Hvis det yderligere antages, at scrapværdierne er nul, reduceres udskiftningskriteriet til et spørgsmål om

$$(B^{ny} - C^{ny}) - I^{ny} \cdot \alpha(q, n) \geq B^{gml} - C^{gml}$$

Er dette tilfældet, bør det eksisterende anlæg udskiftes straks. I modsat fald bør det eksisterende anlæg anvendes i højst yderligere m perioder.

Bestemmelsen af det optimale udskiftningstidspunkt kan eksemplificeres med *bestemmelsen af det fordelagtigste tidspunkt at udskifte konventionel kulkraftbaseret elforsyning med havvindmøller*. Det talmæssige grundlag for bestemmelsen af dette tidspunkt er sammenfattet i tabel 10.3.2

Det koster ca. 2.400 mill. kr. at opføre 162 MW havvindmøller inkl. netarbejder. De antages, at have en optimal levetid på 20 år. Hvert år producerer de ca. 680 GWh. De årlige velfærdsøkonomiske nettoomkostninger - dvs. almindelige driftsomkostninger fratrukket værdien af reducerede SO₂- og NO_x-emissioner ved at reducere den kulbaserede elforsyning - fordeler sig over perioden som vist i tabellen. Når netto-driftsomkostningerne stiger fra 89 mill. kr. til 95 mill. kr. over de første 8 år, skyldes det, at den kulbaserede elproduktions SO₂- og NO_x-emissioner reduceres disse år.

Tabel 10.3.2 Velfærdsøkonomiske omkostninger ved anlæg og drift af hhv. havvindmøller og kulfyret kraftværk

Al-der	Investerings-udgift havvindmøller	Nettodriftsomkostninger havvindmøller	Totale omkostninger kulfyret kraftværk	Driftsomkostninger kulfyret kraftværk	CO ₂ -emissioner kulfyret kraftværk	CO ₂ -skyggepris ²	Drifts- og CO ₂ -omkostninger kulfyret kraftværk
år	mill. kr.	mill. kr.	mill. kr.	mill. kr.	ktons	kr./ton CO ₂	mill. kr.
0	2.400						
1		89	205	120	500	200	220
2		89	205	120	500	200	220
3		89	205	120	500	300	270
4		89	205	120	500	300	270
5		89	205	120	500	400	320
6		90	205	120	500	400	320
7		91	205	120	460	500	350
8		95	205	120	440	500	340
9		95	205	120	410	600	366
10		95	205	120	410	600	366
11		95	205	120	410	600	366
12		95	205	120	410	600	366
13		95	205	120	410	600	366
14		95	205	120	410	600	366
15		95	205	120	410	600	366
16		95	205	120	410	600	366
17		95	205	120	410	600	366
18		95	205	120	410	600	366
19		95	205	120	410	600	366
20		95	205	120	410	600	366

Noter: 1. O₂-skyggeprisen angiver værdien af de sparede alternative omkostninger til reduktion af CO₂-emissionerne i overensstemmelse med de opstillede målsætninger herfor.

Alternativet til at opføre vindmøller er i dette eksempel at fortsætte den hidtidige elproduktion baseret på kul og andre brændsler. De velfærdsøkonomiske omkostninger ved denne produktion kan totalt set - dvs. inkl. forrentning over en 30-årig levetid - opgøres til ca. 30 øre pr. kWh. Med den antagne årlige produktion på

680 GWh svarer dette til en årlig omkostning på ca. 205 mill. kr. Heraf udgør driftsomkostningerne - dvs. brændsel, arbejdskraft osv. - 18 øre pr. kWh eller årligt ca. 120 mill. kr.

Det hidtidige elproduktion giver anledning til CO₂-emissioner. Disse udvikler sig over årene som vist i tabellen. Det fremgår, at man efter en årrække forventer at kunne reducere CO₂-emissionerne, hvilket primært skyldes ændret brændselssammensætning. Den velfærdsøkonomiske værdi heraf afhænger af CO₂-skyggeprisen, som i dette eksempel antages at stige fra 200 kr. pr. ton til 600 kr. pr. ton.

Set over den 20 årige periode og med en diskonteringsrate på 6 pct. er nutidsværdien af de velfærdsøkonomiske omkostninger ved at basere elforsyningen på havvindmøller lig med 3.460 mill. kr. Den tilsvarende nutidsværdi af de totale velfærdsøkonomiske omkostninger ved at fortsætte anvendelsen af det hidtidige kraftværk er 4.650 mill. kr. Det er altså velfærdsøkonomisk fordelagtigt at erstatte dette kraftværk med vindmøller.

Udskiftningen bør dog ikke ske nu. Dette indses ved at beregne den gennemsnitlige omkostning ved at anvende vindmøller over en uendelig tidshorisont. Da den optimale levetid blev antaget at være 20 år kan den gennemsnitlige omkostning beregnes som

$$q \cdot K = \frac{q \cdot K(t_{opt})}{1 - (1 + q)^{-t_{opt}}} = \frac{0,06 \cdot 3.460}{1 - 1,06^{-20}} = 301,5 \text{ mill. kr.}$$

Da disse gennemsnitlige omkostninger er højere end de årlige drifts- og CO₂-omkostninger ved at fortsætte kraftværksproduktionen i hvert af de næste fire år, er det først fordelagtigt at udskifte vindmøllerne i år 4, således at de er i drift i år 5.

Dette kan også indses ved at sammenligne nutidsværdien af de velfærdsøkonomiske omkostninger ved foretage udskiftningen i dag, i år 4 og i år 5. Disse nutidsværdier er vist i *tabel 10.3.3*.

Tabel 10.3.3 Velfærdsøkonomisk gevinst ved at udskifte kraftværk med vindmøller i forskellige år

Udskiftningsår	Nutidværdi omkostninger havvindmøller <i>mill. kr.</i>	Nutidværdi omkostninger kraftværk <i>mill. kr.</i>	Nutidsværdigevinst <i>mill. kr.</i>
0	3.460	4.650	1.190
4	2.750	4.000	1.250
5	2.600	3.780	1.180

Med udgangspunkt i de opstillede udskiftningskriterier samt de tidligere skildrede kriterier for optimale levetider og starttidspunkter er det herefter muligt at opstille retningslinier for behandlingen af allerede afholdte investeringer i forbindelse med velfærdsøkonomisk projektvurdering.

10.4 Behandlingen af allerede afholdte investeringer

Det blev indledningsvist omtalt, at allerede eksisterende projekter eller teknologier og de hermed forbundne afholdte investeringer i en række tilfælde bør indgå i vurderingen af, hvilke nye projekter det er fordelagtigt at gennemføre - og ikke mindst i vurderingen af, hvornår det vil være hensigtsmæssigt, at dette sker. Der er *to hovedproblestillinger*, hvor det er relevant at tage hensyn til eksisterende projekter:

1. En given miljømålsætning ønskes opretholdt, men det viser sig muligt at gøre dette på en mere effektiv måde.
2. En ny målsætning ønskes opfyldt inden for en begrænset årrække, hvilket i omkostningsmæssig henseende belaster de projekter, som indebærer en ufordelagtig afvikling af eksisterende teknologier.

Hensigten med projektvurderingen er at sikre den velfærdsøkonomisk set mest hensigtsmæssige anvendelse af samfundets ressourcer. Derfor er det, uanset om de to problemstillinger gør sig gældende, helt centralt at belyse de involverede teknologiers relative fordelagtighed - såvel de nye som de allerede benyttedes. Dette er selvsagt nødvendigt, for overhovedet at vurdere om nye teknologier eventuelt opfylder de givne målsætninger mere effektivt end de eksisterende; men også i tilfældet hvor en ny målsætning ønskes opfyldt inden for få år, er det vigtigt at indhente oplysninger om ressourceforbruget for de eksisterende teknologier, som eventuelt skal erstattes. Dette er nødvendigt for at afgøre, om det er fordelagtigt at erstatte dem inden for den givne tidshorisont. For at afgøre dette behøver ressourceforbrugsoplysningerne dog ikke at omfatte de afholdte investeringer. Disse er kun væsentlige, såfremt man også ønsker at vurdere, om det på længere sigt er fordelagtigt at fortsætte med den eksisterende teknologi.

I det følgende uddybes disse overordnede betragtninger. Først behandles teknikvalgsproblemstillingen med de analyser, denne bør give anledning til, og hvilke spørgsmål disse besvarer. Dernæst behandles udskiftningen af eksisterende teknologier i de tilfælde, hvor dette er relevant. Endelig undersøges, hvorledes projektvurderingen bør gribes an, hvis planlægningshorisonten kun er af begrænset varighed.

10.4.1 Teknikvalg

Teknikvalgsproblemstillingen vedrører løsningen af en given produktionsopgave eller opfyldelsen af en given miljømålsætning på den velfærdsøkonomisk set mest hensigtsmæssige måde. Problemstillingen løses ved at gennemføre følgende delanalyser:

1. Opstilling af løsningsmulighederne - dvs. de teknologier, det er muligt at benytte med henblik på opfyldelse af den givne opgave eller målsætning. Teknologierne omfatter såvel nye teknologier som allerede eksisterende og anvendte.
2. Konsekvensbeskrivelse for de forskellige teknologier - dvs. beskrivelse af ressourceforbrug, produktion og miljøkonsekvenser på en tidsmæssig skala. Ressourceforbruget omfatter både investerings- og driftsfasen.
3. Prissætning af konsekvenserne.
4. Begning af nutidsværdien af de forskellige løsningsmuligheders netto-benefits eller -costs. Det er i forbindelse med disse nutidsværdiberegninger, at tidsfastsættelsesproblemerne viser sig. Disse omfatter hhv.
 - bestemmelse af optimal levetid - engangsinvestering eller uendelig kæde
 - bestemmelse af optimalt starttidspunktFor at kunne bestemme de forskellige løsningsmuligheders relative fordelagtighed, er det nødvendigt at bestemme deres kapitalværdi ved optimal levetid og optimalt starttidspunkt.
5. Rangordning af de forskellige løsningsmuligheder

Normalt ser man bort fra de to tidsfastsættelsesproblemer. Levetiden for de enkelte teknologier eller projekter er oftest eksogent givet, og starttidspunktet antages at være den aktuelle periode. Grundlaget for fastsættelsen af levetiden er dog i de fleste tilfælde ganske uklart, og valget af den aktuelle periode som starttidspunkt er ikke baseret på egentlige analyser. Der kan derfor være grund til at analysere tidsfastsættelsesproblemerne nærmere - forudsat at de *fornødne data* kan fremskaffes, og at man har den *fornødne tillid* til projekternes forventede fremtidige konsekvenser. I det følgende uddybes løsningen af de to tidsfastsættelsesproblemer derfor nærmere.

Levetidsproblemet

Almindeligvis antages levetidsproblemet som nævnt at være løst på forhånd. De forskellige løsningsmuligheder eller projekter præsenteres oftest med eksogent givne levetider. Det er imidlertid ikke altid helt klart, hvorledes disse er bestemt - om der er tale om rene tekniske levetider, eller om der også har været økonomiske overvejelser forbundet med levetidsfastsættelsen.

Beskrivelsen af det enkelte projekts konsekvenser omfatter normalt ressourceforbruget - investeringsudgiften - i forbindelse med projektets etablering samt dets forventede gennemsnitlige årlige ressourceforbrug og benefitskabelse - herunder negative og positive miljøkonsekvenser - inden for den eksogent givne levetid. Konsekvensbeskrivelsen omfatter sjældent en eventuel positiv eller negativ scrapværdi. En sådan beskrivelse af projektets konsekvenser kan fortolkes som et tilfælde, hvor der hverken gør sig alders- eller kalendereffekt

gældende. Hvis projektets scrapværdi samtidig er konstant og på intet tidspunkt positiv, maksimeres kapitalværdien ved en levetid svarende til projektets tekniske levetid. Dette gælder uanset, om projektet opfattes som en éngangsinvestering eller som et led i en uendelig gentaget investeringskæde - jf. *afsnit 10.2.1* og *10.2.2*.

Hvorvidt en sådan karakteristik af det enkelte projekt generelt er realistisk er formentlig tvivlsomt. Det forudsætter under alle omstændigheder, at det årlige ressourceforbrug også dækker den nødvendige vedligeholdelse af projektet, således at alderseffekten, hvis det overhovedet er muligt, undgås frem til udløbet af den tekniske levetid. Forudsætningen om en konstant ikke-positiv scrapværdi afspejler, at der i givet fald kun er oprydningssomkostninger forbundet med projektet. Dette er ikke altid en realistisk antagelse, idet fx bygninger og andet inventar kan finde alternativ anvendelse.

Den traditionelle måde, hvorpå projektvurderingen gribes an med en på forhånd givet levetid for hvert projekt, er altså behæftet med en række svagheder. Ideelt burde der fastsættes optimale levetider for dem alle. Når den traditionelle fremgangsmåde alligevel vælges, hænger det formentlig sammen med vanskelighederne ved at fremskaffe den fornødne information. Det er vanskeligt på forhånd at vurdere en eventuel alderseffekts omfang, tidsfastsætte de heraf affødte ressourceforbrug samt bestemme en eventuel scrapværdi.

Der bør imidlertid ikke herske tvivl om, at traditionel projektvurdering og løsning af teknikvalgsproblemstillinger kan forbedres ved i højere grad at behandle levetidsproblemstillingen. Projekternes relative fordelagtighed bestemmes endvidere bedst ved for hver teknologi at antage en uendelig kæde af ens gentagne investeringer. Kapitalværdierne heraf ved optimale levetider for de enkelte led i kæderne eller de hertil svarende årlige netto-benefits er det ideelle grundlag for bestemmelse af relativ fordelagtighed.

Hermed er tidsfastsættelsesproblemet dog ikke nødvendigvis løst. Hvis også kalendereffekten gør sig gældende, kan den optimale levetid for det enkelte projekt ikke fastsættes alene ud fra principperne for hensynet til alderseffekten. Tidsfastsættelsesproblemet ændrer karakter, og der må i stedet fastsættes optimale start- og ophørstidspunkter.

Starttidspunktproblemet

Normalt antages det, at løsningen af det betragtede miljøproblem eller den planlagte produktionsopgave ønskes igangsat straks på planlægningstidspunktet. Konsekvensbeskrivelsen har dette tidspunkt som begyndelsesår. Det overvejes sjældent, om det eventuelt er fordelagtigt at udskyde starttidspunktet. Dette kan være tilfældet, hvis projektets konsekvenser forbedres tilstrækkeligt herved - fx gennem forventet reduceret ressourceforbrug eller ved forbedrede positive konsekvenser. Med den normalt eksogent fastsatte levetid for projekterne gøres der selvsagt heller ikke forsøg på at bestemme et optimalt ophørstidspunkt for disse.

Det bør imidlertid altid overvejes, om der ikke er forhold, som taler for tilstedeværelsen af en vis kalenderefekt. Hvis dette er tilfældet, må det undersøges, om netto-benefits ved at igangsætte projektet på planlægningstidspunktet kan opveje en eventuelt forventet reduktion af investeringsudgiften samt forrentningen heraf. Er dette ikke tilfældet, bør projektets igangsættelse udskydes, indtil det første års netto-benefits er tilstrækkelige til at opfylde denne betingelse - jf. *afsnit 10.2.1* og *10.3.1*.

Kalendereffekten kan også have betydning for ophørstidspunktet. Problemet er imidlertid, at det i praksis formentlig sjældent er muligt at forudse projektets konsekvenser og de hertil knyttede beregningspriser tilstrækkeligt sikkert til at kunne fastsætte et selvstændigt ophørstidspunkt. Det forekommer derfor mest realistisk udelukkende at sikre sig, at der vælges et optimalt starttidspunkt og med dette udgangspunkt bestemme en optimal levetid under forudsætning af, at alene alderseffekten gør sig gældende efter projektets start. Når projektet først er igangsat, kan man herefter med års mellemrum vurdere, om det bør fortsættes.

Teknikvalgsproblemstillingen i forbindelse med løsningen af nye miljøproblemer eller produktionsopgaver må derfor anses for at have fundet sin ideale løsning, hvis der også fastsættes optimalt starttidspunkt og optimal levetid for det enkelte relevante projekt. Projekternes relative kapitalværdier ved disse optimale forhold udgør det rette prioriteringsgrundlag.

I visse tilfælde kan en af løsningsmulighederne også omfatte udskiftningen af en allerede benyttet teknologi. Dette vil især være tilfældet, hvor der er tale om at løse miljøproblemer eller produktionsopgaver, som i forvejen helt eller delvist løses på anden vis - fx et affaldshåndteringsproblem eller en transportopgave. Der kan dog også være tale om tilfælde, hvor en ressource - fx et landareal - hidtil er blevet benyttet til ét bestemt formål og nu indgår i overvejelserne med henblik på løsning af andre opgaver. Der er ofte investeret betydelige ressourcer i de allerede eksisterende projekter, og spørgsmålet er, om disse bør ophøre til fordel for andre projekter og i givet fald hvornår.

Det første spørgsmål besvares ved at analysere det eksisterende projekt på helt tilsvarende måde som de øvrige projektmuligheder. Det eksisterende projekt indgår på lige vilkår med de andre i løsningen af teknikvalgsproblemstillingen, som resulterer i bestemmelsen af de forskellige projekters relative fordelagtighed. I denne forbindelse bestemmes også et ganske vist hypotetisk optimalt starttidspunkt for det eksisterende projekt og en optimal levetid herfor. Reelt udgør starttidspunktet selvsagt ikke noget problem for et allerede eksisterende projekt; men viser det sig at være fordelagtigt at erstatte projektet med bedre løsningsmuligheder eller anvendelser af de i projektet "bundne" ressourcer, så tilbagesår problemet med at bestemme et optimalt udskiftningstidspunkt.

10.4.2 Optimalt udskiftningstidspunkt

Så snart et projekt er igangsat, bindes der ressourcer heri. Dette sker især i investeringsfasen, hvor der i mange tilfælde anskaffes dyrt materiel og gennemføres kostbare anlægsarbejder. Typiske eksempler herpå er energiforsyningssystemer, forskellige transportsystemer og affaldsbehandlingssystemer. Når først investeringsudgifterne er afholdt, er den videre drift af projektet - forudsat at dette samlet set er rentabelt - ofte forbundet med betydelige årlige netto-benefits, eller dets forventede optimale levetid er så lang, at der opnås netto-benefits over en lang årrække.

Der er formentlig en tendens til, at især offentlige projekter binder relativt mange investeringsressourcer og derfor også har længere optimale levetider. Dette betyder, at det i mange tilfælde stiller betydelige krav til alternative projekters fordelagtighed, for at de på kortere sigt med fordel kan erstatte eller fortrænge allerede eksisterende projekter. Disse belastes således ikke ligesom nye projekter af ressourceforbrug til anskaffelse af materiel og etablering af anlæg. Forrentning og afskrivning af den investerede kapital bør således ikke indgå ved beregningen af det eksisterende anlægs løbende netto-benefits. Derimod er det væsentligt, at alle nødvendige reparations-, vedligeholdelses- og geninvesteringsudgifter medregnes heri, ligesom også det eksisterende projekts eventuelle scrapværdi er væsentlig for beslutningen om eventuelt at bringe projektet til ophør.

Selvom det principielt hele tiden er muligt at reparere og vedligeholde et eksisterende projekt samt undertiden også at forbedre det, vil der formentlig i de fleste tilfælde - i hvert fald når der er tale om produktionsteknologier i videre forstand - på et tidspunkt være udviklet alternative projektmuligheder, som er tilstrækkeligt fordelagtige eller efficiente til med fordel at kunne erstatte det. Kriterierne for bestemmelsen af det optimale udskiftningstidspunkt blev opstillet i *afsnit 10.3.2*. Det overordnede kriterium er, at den samlede kapitalværdi på planlægningstidspunktet ved en kombineret fortsættelse af det eksisterende projekt og udskiftning af dette med det bedste alternativ skal maksimeres. Dette indebærer:

1. Hvis det nye projekts gennemsnitlige netto-benefits (ved optimal levetid) er større end det eksisterende projekts maksimalt forventede marginale netto-benefits, da bør dette udskiftes straks.
2. Hvis det nye projekts gennemsnitlige netto-benefits (ved optimal levetid) er mindre end det eksisterende projekts marginale netto-benefits, bør udskiftningen af det eksisterende anlæg udskydes indtil dette ikke længere er tilfældet.
3. Hvis det nye projekts gennemsnitlige netto-benefits (ved optimal levetid) først er større end det eksisterende projekts marginale netto-benefits for siden frem til tidspunkt T at være mindre end disse, inden de igen bliver større, bør det eksisterende projekt udskiftes straks, hvis det nye projekts kapitalværdi frem til tidspunkt T er større end det eksisterendes - ellers bør udskiftningen udskydes til dette tidspunkt.

En meget stor negativ scrapværdi - store oprydningsomkostninger - for det eksisterende projekt kan måske udskyde udskiftningstidspunktet i lang tid, fordi rentebesparelsen herved er forholdsvis stor og tæller positivt ved opgørelsen af det eksisterende projekts marginale netto-benefits. (Alternativt kan dette udtrykkes som, at

det nye projekts investeringsudgift forøges med det eksisterende projekts oprydningssomkostninger). Denne mulighed kan bestemt ikke udelukkes for visse meget store offentlige anlægsprojekter, som altså med fordel må forventes at kunne opretholdes i mange år fremover, hvis ikke uventede meget effektive alternativer dukker op. Sådanne projekter, hvori der er bundet mange ressourcer, lægger altså begrænsninger på mulighederne for med fordel at gennemføre alternative mere effektive projekter til løsning af de samme opgaver eller for at erstatte de eksisterende projekter for at opfylde nye målsætninger - i hvert fald, hvis den relevante planlægningshorisont er relativt kort.

10.4.3 Begrænset planlægningshorisont

Det er ikke altid, at planlægningsopgaven fra politisk hold lægges op som en teknikvalgsproblemstilling, hvor hovedvægten lægges på at bestemme det generelt fordelagtigste projekt, det optimale starttidspunkt herfor og et eventuelt optimalt udskiftningstidspunkt for et eksisterende projekt. Undertiden ønskes en given målsætning eller opgave opfyldt inden for en begrænset tidshorisont. Dette synes på forhånd at gøre en række projektmuligheder, som indebærer et helt eller delvist ophør af eksisterende projekter, meget dyre. Der er bundet mange ressourcer i de eksisterende projekter, og det er derfor meget omkostningsfuldt på kortere sigt at bringe dem til ophør.

Et eksempel på en sådan situation er ønsket om inden et bestemt år at reducere CO₂-emissionerne med en given mængde. En væsentlig del af disse emissioner stammer fra produktionen af el og varme på kulfyrede kraftvarmeværker. De samlede velfærdsøkonomiske omkostninger herved - investerings- og driftsomkostninger samt negative eksterne effekter ud over CO₂-emissionerne - er måske ikke væsentligt mindre end omkostningerne ved alternative energiforsyningsformer. De velfærdsøkonomiske omkostninger ved at opfylde den opstillede målsætning, er i så fald på længere sigt begrænsede; men hvis målsætningen skal være opfyldt inden for relativt kort tid, kan det vise sig at være særdeles omkostningsfuldt at opfylde den ved alternativ energiforsyning. Der er bundet for mange ressourcer i de eksisterende kraftvarmeværker.

I en del tilfælde har man en nogenlunde klar fornemmelse af, hvilke projekter det ikke er fordelagtigt at gennemføre på kortere sigt. Disse udelades derfor af den videre projektvurdering. Det bør imidlertid i tvivlstilfælde undersøges, om forhåndsformodningerne er korrekte. Ideelt bør en analyse af omkostningerne ved at opfylde en given målsætning inden for en kortere årrække omfatte tre elementer:

1. Opgørelse af de relative omkostninger ved forskellige foranstaltninger, der inden for den givne tidshorisont bidrager til målsætningens opfyldelse - herunder også foranstaltninger, der påvirker allerede eksisterende projekter.
2. Opgørelse af de relative omkostninger ved forskellige foranstaltninger, der på længere sigt bidrager til målsætningens opfyldelse - dvs. løsning af teknikvalgsproblemstillingen.
3. Fastsættelse af optimale udskiftningstidspunkter for eksisterende projekter, såfremt løsningen af teknikvalgsproblemstillingen viser, at alternative projekter til nogle af de eksisterende bedre opfylder målsætningen på længere sigt.

Hvis nogle af de betragtede løsningsmuligheder har konsekvenser for eksisterende projekter, spares i første omgang kun driftsomkostninger ved disse. Hvis fx den omtalte CO₂-målsætning tænkes opfyldt ved bl.a. at opføre flere vindmøller, spares der ikke herved de samlede omkostninger ved opførelse og drift af eksisterende kraftværker, som hidtil har stået for el-produktionen. Der spares alene brændsel og andre variable driftsomkostninger. Tilsvarende påfører kompostering af organisk affald, der hidtil er blevet brændt på et el- og varmeproducerende forbrændingsanlæg, ikke samfundet de samlede omkostninger til kraftvarme-produktion, men alene omkostningerne til erstatningsbrændsel på forbrændingsanlægget. Endelig indebærer nedlæggelsen af en jernbanestrækning og erstatning af denne med busdrift på kortere sigt alene besparelser ved driften af anlægget - herunder energiforbrug, vedligeholdelse og arbejdskraftforbrug.

Det er rimeligt at beregne forskellige foranstaltningers relative fordelagtighed på denne måde, når et miljømål **skal** opfyldes inden for en relativt kort årrække. Det er imidlertid vigtigt at pege på, at andre muligheder for at opfylde målsætningen måske er endnu mere effektive på længere sigt. Om dette er tilfældet undersøges ved at gennemføre en egentlig teknikvalgsanalyse. Viser en eller flere af de eksisterende projekter sig at være inefficente, må teknikvalgsanalysen som omtalt følges op af en undersøgelse af, hvornår en eventuel erstatning af disse projekter bør finde sted. Gennemføres sådanne analyser ikke, er der risiko for, at eksiste-

rende projekter bliver benyttet i for lang tid. Hver gang, der skal gennemføres betydelige renoveringer på eksisterende anlæg eller eventuelle nyanskaffelser, bør det også nøje vurderes, om dette overhovedet er fordelagtigt ud fra en teknikvalgssynsvinkel.

10.5 Konklusion

A priori projektvurdering er altid forbundet med betydelig usikkerhed med hensyn til såvel de betragtede projekters konsekvenser som de relative beregningspriser herpå. Hertil kommer, at der løbende sker en udvikling af teknologier og projektmuligheder. Herved påvirkes de forskellige projekters optimale levetider, deres relative fordelagtighed og de eventuelle optimale udskiftningstidspunkter. De kan udmærket ændre sig inden for relativt få år. Det er derfor spørgsmålet, om det i praksis er særligt relevant at gennemføre de relativt komplicerede tidsfastsættelsesanalyser? Det er vanskeligt at besvare dette spørgsmål generelt og præcist.

Fastsættelsen af et projekts optimale levetid forekommer primært relevant i relation til egentlige anlæg. Samtidig skal man have klare formodninger om, at dets konsekvenser enten er aldersafhængige, eller at de økonomiske betingelser for projektet - de relative priser på projektets konsekvenser - ændrer sig de kommende år. I sådanne tilfælde kan der være god grund til at bestemme projektets optimale levetid og dermed maksimalt mulige kapitalværdi. Dette kan være væsentligt af hensyn til sammenligningen med alternative projekter.

De samme overvejelser gør sig gældende med hensyn til bestemmelsen af projektets optimale starttidspunkt. Igen bør formodninger om ændringer i de økonomiske betingelser for projektet give anledning til, at starttidspunktets konsekvenser for projektets kapitalværdi analyseres. Hvis projektet samlet set viser sig at være mere fordelagtigt end eksisterende projekter, er det under alle omstændigheder nødvendigt at undersøge, om udskiftningen bør ske allerede nu.

Som sagt er analyseresultaterne under alle omstændigheder forbundet med usikkerhed. Der er derfor behov for en løbende opfølgning herpå - bl.a. med henblik på at undersøge om de oprindeligt fastsatte levetider, starttidspunkter og udskiftningstidspunkter fortsat er de fordelagtigste.

Appendiks 10.1 Formeloversigt

Optimal økonomisk levetid

Engangsinvestering

Ren alderseffekt

Den optimale levetid t_{opt} bestemmes som

$$\Delta K(t) = (1+q)^{-t} \cdot ((B_t - C_t) + (S_t - S_{t-1}) - q \cdot S_{t-1}) \geq 0 \text{ for } t = t_{opt} \text{ og } \leq 0 \text{ for } t = t_{opt} + 1$$

Ren kalendereffekt

Projektet bør igangsættes på tidspunkt t_{start} , hvis

$$\Delta K(t_{start}, t_{oph\o r}) = (1+q)^{-t_{start}} \cdot (-(B_{t_{start}} - C_{t_{start}}) - (I_{t_{start}} - I_{t_{start}-1}) + q \cdot I_{t_{start}-1}) \geq 0 \text{ for } t = t_{start}$$

$$t_{start}$$

$$\text{og } \leq 0 \text{ for } t = t_{start} + 1$$

Projektet bør afsluttes på tidspunkt $t_{oph\o r}$, hvis

$$\Delta K(t_{start}, t_{oph\o r}) = (1+q)^{-t_{oph\o r}} \cdot ((B_{t_{oph\o r}} - C_{t_{oph\o r}}) + (S_{t_{oph\o r}} - S_{t_{oph\o r}-1}) - q \cdot S_{t_{oph\o r}-1}) \geq 0 \text{ for } t = t_{oph\o r}$$

$$t_{oph\o r}$$

$$\text{og } \leq 0 \text{ for } t = t_{oph\o r} + 1$$

Både alders- og kalendereffekt

De optimale start- og ophørstidspunkter t_{start} og $t_{oph\o r}$ fastsættes som

$$\Delta K(t_{start}, t_{oph\o r}) = (1+q)^{-t_{start}} \cdot (I_{t_{start}} - I_{t_{start}-1} + (B_{t_{start},1} - C_{t_{start},1}))$$

$$t_{start}$$

$$+ \sum_{t=t_{start}+1}^{t_{oph\o r}} ((B_{t,t-t_{start}} - C_{t,t-t_{start}}) - (B_{t,t-t_{start}+1} - C_{t,t-t_{start}+1})) \cdot (1+q)^{-t}$$

$$+ (1+q)^{-t_{oph\o r}} \cdot (S_{t_{oph\o r}, t_{oph\o r}-t_{start}} - S_{t_{oph\o r}, t_{oph\o r}-t_{start}+1}) \geq 0 \text{ for } t = t_{start} \text{ og } \leq 0 \text{ for } t = t_{start} + 1$$

$$\Delta K(t_{start}, t_{oph\phi r})$$

$t_{oph\phi r}$

$$= (1+q)^{-t_{oph\phi r}} \cdot ((B_{t_{oph\phi r}, t_{oph\phi r}-t_{start}} - C_{t_{oph\phi r}, t_{oph\phi r}-t_{start}}) + (S_{t_{oph\phi r}, t_{oph\phi r}-t_{start}} - S_{t_{oph\phi r}-1, t_{oph\phi r}-t_{start}-1}))$$

$$- (1+q)^{-t_{oph\phi r}} \cdot q \cdot S_{t_{oph\phi r}-1, t_{oph\phi r}-t_{start}-1} \geq 0 \text{ for } t = t_{oph\phi r} \text{ og } \leq 0 \text{ for } t = t_{oph\phi r} + 1$$

Investeringskæder

Formlerne gælder kun i det tilfælde, hvor alene alderseffekten gør sig gældende.

Givet antal led i investeringskæden

Først bestemmes den optimale levetid t_n for det sidste led i kæden ud fra

$$\Delta K(t) = (1+q)^{-t} \cdot ((B_t - C_t) + (S_t - S_{t-1}) - q \cdot S_{t-1}) \geq 0 \text{ for } t = t_n \text{ og } \leq 0 \text{ for } t = t_n + 1$$

Dernæst bestemmes den optimale levetid t_{n-1} for det næstsidste led i kæden ud fra

$$\Delta K(t) = (1+q)^{-t} \cdot ((B_t - C_t) + (S_t - S_{t-1}) - q \cdot (S_{t-1} - K(t_n))) \geq 0 \text{ for } t = t_{n-1} \text{ og } \leq 0 \text{ for } t = t_{n-1} + 1$$

og så fremdeles.

Givet endelig tidshorisont

Det sidste led i kæden skal under alle omstændigheder sælges ved udgangen af periode T . Det første spørgsmål er derfor, hvilken alder investeringen bør have på dette tidspunkt. Dette vurderes ved at undersøge, om bidraget til kapitalværdien fra denne periode er størst ved at have udskiftet på tidspunkt $T-1$ eller på et tidligere tidspunkt. Det optimale udskiftningstidspunkt t_{opt} fastsættes således at

$$(B_t - C_t) \cdot (1+q)^{-t} + S_{t_{opt}} - I \geq (B_{t_{opt}+1} - C_{t_{opt}+1}) \cdot (1+q)^{-t}$$

Når dette delproblem er løst, kan den optimale levetid for det næstsidste led bestemmes på tilsvarende måde, og så fremdeles.

Uendelig tidshorisont

Levetiden for det uendelige antal led i kæden er ens, og den fælles optimale levetid t_{opt} for hvert led fastsættes således at

$$q \cdot K = \frac{q \cdot K(t)}{1 - (1+q)^{-t}} = (-I + \sum_{\tau=1}^t (B_{\tau} - C_{\tau}) \cdot (1+q)^{-\tau} + S(t) \cdot (1+q)^{-t}) \cdot \frac{q}{1 - (1+q)^{-t}}$$

maksimeres.

Optimalt start- og udskiftningstidspunkt

Optimalt starttidspunkt for ny investering

Når kun kalendereffekten gør sig gældende bør projektet først startes når

$$(B_{t_{start}+1} - C_{t_{start}+1}) \geq q \cdot I_{start}$$

Hvis også alderseffekten gør sig gældende bør formlerne fra punkt 1.1.3 benyttes

Optimalt udskifningstidspunkt for eksisterende investering

Kriterierne for fastsættelsen af det optimale tidspunkt for udskifning af en eksisterende teknologi med en ny mere efficient kan sammenfattes på følgende måde:

1. Hvis

$$q \cdot K^{ny} \geq \Delta K(t)_{max}^{gml} = ((B_t^{gml} - C_t^{gml}) + (S_t^{gml} - S_{t-1}^{gml}) - q \cdot S_{t-1}^{gml})_{max}$$

da bør den eksisterende teknologi udskiftes straks.

2. Hvis

$$q \cdot K^{ny} \leq \Delta K(0)_{gml} = (B_0^{gml} - C_0^{gml}) + (S_0^{gml} - S_{-1}^{gml}) - q \cdot S_{-1}^{gml}$$

da bør udskifningen udsættes, indtil dette ikke længere er tilfældet. Samtidig bør det sikres, at det eksisterende anlægs grænsegevinst ikke på et senere tidspunkt bliver større end den nye teknologis gennemsnitlige gevinst.

3. Hvis

$$q \cdot K^{ny} \geq \Delta K(\tau)_{gml} = (B_\tau^{gml} - C_\tau^{gml}) + (S_\tau^{gml} - S_{\tau-1}^{gml}) - q \cdot S_{\tau-1}^{gml} \quad \text{for } 0 \leq \tau \leq t$$

$$q \cdot K^{ny} \leq \Delta K(\tau)_{gml} = (B_\tau^{gml} - C_\tau^{gml}) + (S_\tau^{gml} - S_{\tau-1}^{gml}) - q \cdot S_{\tau-1}^{gml} \quad \text{for } t \leq \tau \leq t+T$$

$$q \cdot K^{ny} \geq \Delta K(\tau)_{gml} = (B_\tau^{gml} - C_\tau^{gml}) + (S_\tau^{gml} - S_{\tau-1}^{gml}) - q \cdot S_{\tau-1}^{gml} \quad \text{for } \tau \geq t+T$$

da bør det eksisterende anlæg udskiftes straks, hvis

$$q \cdot K^{ny} \geq \left(\sum_{t=1}^T (B_t^{gml} - C_t^{gml}) \cdot (1+q)^{-t} \right) \cdot \alpha(q, T) - (S_0^{gml} - S_T^{gml}) \cdot \alpha(q, T) - q \cdot S_T^{gml}$$

ellers bør det udskiftes på tidspunkt $t+T$.

Det generelle kriterie for udskifning af et eksisterende anlæg med et nyere og mere efficient er altså, at udskifningstidspunktet fastsættes, således at kapitalværdien ved at anvende de to teknologier maksimeres. Dette kriterie dækker også de tilfælde, som ikke er omfattet af de tre ovenstående specifikke kriterier.

Appendiks 10.2 Optimale start- og ophørstidspunkter ved ren kalendereffekt

Kriterierne for optimale start- og ophørstidspunkter ved ren kalendereffekt kan bestemmes på følgende måde:

Projektets kapitalværdi beregnes i dette tilfælde som

$$K(t_{start}, t_{ophør}) = -e^{-\varphi \cdot t_{start}} \cdot I(t_{start}) + \int_{t_{start}}^{t_{ophør}} (B_t - C_t) \cdot e^{-\varphi \cdot t} \cdot dt + e^{-\varphi \cdot t_{ophør}} \cdot S(t_{ophør})$$

Optimumbetingelserne bliver herefter:

$$\frac{dK(t_{start}, t_{ophør})}{dt_{start}} = 0 \Rightarrow K'(t_{start}) = -e^{-\varphi \cdot t_{start}} \cdot ((B_{t_{start}} - C_{t_{start}}) + I'(t_{start}) - \varphi \cdot I(t_{start})) = 0$$

$$\Rightarrow (B_{t_{start}} - C_{t_{start}}) = -I'(t_{start}) + \varphi \cdot I(t_{start})$$

$$\frac{dK(t_{start}, t_{ophør})}{dt_{ophør}} = 0 \Rightarrow K'(t_{ophør}) = e^{-\varphi \cdot t_{ophør}} \cdot ((B_{t_{ophør}} - C_{t_{ophør}}) + S'(t_{ophør}) - \varphi \cdot S(t_{ophør})) = 0$$

$$\Rightarrow (B_{t_{ophør}} - C_{t_{ophør}}) = -S'(t_{ophør}) + \varphi \cdot S(t_{ophør})$$

Det optimale starttidspunkt er altså det tidspunkt, hvor netto-benefits netop kan opveje den forventede gevinst ved at udskyde projektet - nemlig summen af det forventede fald i investeringsudgiften og rentegevinsten ved at udskyde investeringen. Tilsvarende er det optimale ophørstidspunkt det tidspunkt, hvor netto-benefits netop opvejer fordelene ved at afhænde projektet til scrapværdien - nemlig summen af den herved undgåede reduktion af scrapværdien og rentegevinsten.

Appendiks 10.3 Optimale start- og ophørstidspunkter ved både alders- og kalendereffekt

Projektets kapitalværdi kan i dette tilfælde beregnes som

$$K(t_{start}, t_{ophor}) = -e^{-\varphi \cdot t_{start}} \cdot I(t_{start}) + \int_{t_{start}}^{t_{ophor}} (B_{t,t-t_{start}} - C_{t,t-t_{start}}) \cdot e^{-\varphi \cdot t} \cdot dt + e^{-\varphi \cdot t_{ophor}} \cdot S(t_{ophor}, t_{ophor} - t_{start})$$

hvor netto-benefits i periode t både afhænger af kalendertidspunktet og af projektets alder $t - t_{start}$. Tilsvarende afhænger scrapværdien både af selve ophørstidspunktet t_{ophor} og af projektets alder på dette tidspunkt $t_{ophor} - t_{start}$.

Herefter kan optimumtidspunkterne for projektets start og ophør bestemmes ud fra følgende optimumsbetingelser

$$\begin{aligned} \frac{\partial K(t_{start}, t_{ophor})}{\partial t_{start}} = 0 \Rightarrow & -e^{-\varphi \cdot t_{start}} \cdot (I'(t_{start}) - \varphi \cdot I(t_{start})) - \int_{t_{start}}^{t_{ophor}} \frac{\partial (B_{t,t-t_{start}} - C_{t,t-t_{start}})}{\partial (t - t_{start})} \cdot e^{-\varphi \cdot t} \cdot dt \\ & - e^{-\varphi \cdot t_{start}} \cdot (B_{t_{start},0} - C_{t_{start},0}) - e^{-\varphi \cdot t_{ophor}} \cdot \frac{\partial S(t_{ophor}, t_{ophor} - t_{start})}{\partial (t_{ophor} - t_{start})} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial K(t_{start}, t_{ophor})}{\partial t_{ophor}} = 0 \Rightarrow & e^{-\varphi \cdot t_{ophor}} \cdot (B_{t_{ophor}, t_{ophor} - t_{start}} - C_{t_{ophor}, t_{ophor} - t_{start}}) + \frac{\partial S(t_{ophor}, t_{ophor} - t_{start})}{\partial t_{ophor}} \\ & + \frac{\partial S(t_{ophor}, t_{ophor} - t_{start})}{\partial (t_{ophor} - t_{start})} - \varphi \cdot S(t_{ophor}, t_{ophor} - t_{start}) = 0 \end{aligned}$$

Det ses, at begge optimumsbetingelser både afhænger af t_{start} og t_{ophor} . Det er derfor nødvendigt at bestemme disse tidspunkter simultant, hvilket ikke er noget helt let opgave. Løsningen kræver således både kendskab til investeringsudgiftens, benefits, costs og scrapværdiens udvikling over tid samt deres afhængighed af projektets alder.

I tilfældet med diskret tid kan projektets kapitalværdi beregnes som:

$$\begin{aligned} K(t_{start}, t_{ophor}) = & -(1+q)^{-t_{start}} \cdot I(t_{start}) \\ & + \sum_{t=t_{start}+1}^{t_{ophor}} (B_{t,t-t_{start}} - C_{t,t-t_{start}}) \cdot (1+q)^{-t} + (1+q)^{-t_{ophor}} \cdot S(t_{ophor}, t_{ophor} - t_{start}) \end{aligned}$$

Der kan ligesom i de foregående tilfælde opstilles optimumsbetingelser for start- og ophørstidspunktet. Kapitalværdien maksimeres ved at sætte projektet i gang på det tidspunkt, hvor fordelene herved overstiger bagdelene. Tilsvarende bør projektet ophøre, når der ikke længere er nettofordele ved at lade det fortsætte.

$$\Delta K(t_{start}, t_{oph\phi r}) = K(t_{start}, t_{oph\phi r}) - K(t_{start} - I, t_{oph\phi r}) \geq 0 \text{ for } t = t_{start} \text{ og } \leq 0 \text{ for } t = t_{start} + I$$

t_{start}

$$\Rightarrow -(1+q)^{-t_{start}} \cdot (I(t_{start}) - I(t_{start} - I))$$

$$+ \sum_{t=t_{start}+1}^{t_{oph\phi r}} (B_{t,t-t_{start}} - C_{t,t-t_{start}}) \cdot (1+q)^{-t} - \sum_{t=t_{start}}^{t_{oph\phi r}} (B_{t,t-t_{start}+1} - C_{t,t-t_{start}+1}) \cdot (1+q)^{-t}$$

$$+ (1+q)^{-t_{oph\phi r}} \cdot (S(t_{oph\phi r}, t_{oph\phi r} - t_{start}) - S(t_{oph\phi r}, t_{oph\phi r} - t_{start} + I)) \geq 0 \text{ for } t = t_{start} \text{ og } \leq 0 \text{ for } t = t_{start} + I$$

$$\Rightarrow -(1+q)^{-t_{start}} \cdot (I(t_{start}) - I(t_{start} - I) + (B_{t_{start},1} - C_{t_{start},1}))$$

$$+ \sum_{t=t_{start}+1}^{t_{oph\phi r}} ((B_{t,t-t_{start}} - C_{t,t-t_{start}}) - (B_{t,t-t_{start}+1} - C_{t,t-t_{start}+1})) \cdot (1+q)^{-t}$$

$$+ (1+q)^{-t_{oph\phi r}} \cdot (S(t_{oph\phi r}, t_{oph\phi r} - t_{start}) - S(t_{oph\phi r}, t_{oph\phi r} - t_{start} + I)) \geq 0 \text{ for } t = t_{start} \text{ og } \leq 0 \text{ for } t = t_{start} + I$$

Ændringen i kapitalværdien ved at vente med at starte på tidspunkt t_{start} skal være positiv, mens ændringen ved at udskyde starttidspunktet til tidspunkt $t_{start} + I$ skal være negativ. En tilsvarende regel gælder for fastsættelsen af ophørstidspunktet $t_{oph\phi r}$. Der skal være en kapitalværdi gevinst ved at udskyde ophørstidspunktet hertil, mens der skal være tale om et kapitalværditab ved at udskyde ophørstidspunktet til $t_{oph\phi r} + I$.

$$\Delta K(t_{start}, t_{oph\phi r}) = K(t_{start}, t_{oph\phi r}) - K(t_{start}, t_{oph\phi r} - I) \geq 0 \text{ for } t = t_{oph\phi r} \text{ og } \leq 0 \text{ for } t = t_{oph\phi r} + I$$

$t_{oph\phi r}$

$$\Rightarrow \sum_{t=t_{start}+1}^{t_{oph\phi r}} (B_{t,t-t_{start}} - C_{t,t-t_{start}}) \cdot (1+q)^{-t} - \sum_{t=t_{start}+1}^{t_{oph\phi r}-1} (B_{t,t-t_{start}} - C_{t,t-t_{start}}) \cdot (1+q)^{-t}$$

$$+ (1+q)^{-t_{oph\phi r}} \cdot S(t_{oph\phi r}, t_{oph\phi r} - t_{start})$$

$$- (1+q)^{-t_{oph\phi r}-1} \cdot S(t_{oph\phi r}, t_{oph\phi r} - t_{start} - I) \geq 0 \text{ for } t = t_{oph\phi r} \text{ og } \leq 0 \text{ for } t = t_{oph\phi r} + I$$

$$\Rightarrow (1+q)^{-t_{oph\phi r}} \cdot (B_{t_{oph\phi r}, t_{oph\phi r} - t_{start}} - C_{t_{oph\phi r}, t_{oph\phi r} - t_{start}})$$

$$+ (S(t_{oph\phi r}, t_{oph\phi r} - t_{start}) - S(t_{oph\phi r}, t_{oph\phi r} - t_{start} - I))$$

$$- (1+q)^{-t_{oph\phi r}} \cdot q \cdot S(t_{oph\phi r}, t_{oph\phi r} - t_{start} - I) \geq 0 \text{ for } t = t_{oph\phi r} \text{ og } \leq 0 \text{ for } t = t_{oph\phi r} + I$$

Problemet kan under alle omstændigheder løses ved at beregne $K(t_{start}, t_{ophør})$ for alle mulige kombinationer af start- og ophørstidspunkter og vælge den kombination, for hvilken kapitalværdien er størst. Alternativt kan man ved hjælp af ovenstående optimalitetsbetingelse for hvert relevant starttidspunkt beregne det optimale ophørstidspunkt. Man kan herefter indsætte de forskellige kombinationer af start- og ophørstidspunkt i kapitalværdiformlen og herved finde den kombination, der maksimerer kapitalværdien.

Appendiks 10.4 Investeringskæder med uendelig tidshorizont

Det kan vises, at levetiden for de enkelte i øvrigt identiske led i kæden er konstant. Dette indse på følgende måde:

Når

$$K(t_1, t_2, \dots, t_n, \dots) = K = K(t_1) + e^{-\varphi t_1} \cdot K(t_2) + \dots + e^{-\varphi(t_1+t_2+\dots+t_{n-1})} \cdot K(t_n) + \dots$$

gælder det også

$$K = K(t_1) + e^{-\varphi t_1} \cdot K = K(t_2) + e^{-\varphi t_2} \cdot K = \dots = K(t_n) + e^{-\varphi t_n} \cdot K = \dots$$

$$\Rightarrow K = \frac{K(t_1)}{1 - e^{-\varphi t_1}} = \frac{K(t_2)}{1 - e^{-\varphi t_2}} = \dots = \frac{K(t_n)}{1 - e^{-\varphi t_n}} = \dots$$

$$\Rightarrow t_1 = t_2 = \dots = t_n = \dots$$

Den fælles optimale levetid t_{opt} kan herefter bestemmes ved

$$\frac{dK(t)}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{d \frac{K(t)}{1 - e^{-\varphi t}}}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{(1 - e^{-\varphi t}) \cdot K'(t) - \varphi \cdot e^{-\varphi t} \cdot K(t)}{(1 - e^{-\varphi t})^2} = 0$$

$$\Rightarrow (1 - e^{-\varphi t}) \cdot K'(t) = \varphi \cdot e^{-\varphi t} \cdot K(t)$$

Hvoraf fås, idet $K = \frac{K(t)}{1 - e^{-\varphi t}}$

$$K'(t) = \rho \cdot e^{-\varphi t} \cdot K \Rightarrow e^{-\varphi t} \cdot ((B_t - C_t) + S'(t) - \varphi \cdot S(t)) = \varphi \cdot e^{-\varphi t} \cdot K$$

$$\Rightarrow (B_t - C_t) + S'(t) - \varphi \cdot S(t) = \varphi \cdot K$$

Den fælles levetid t_{opt} fastsættes altså således, at den marginale kapitalværdi med hensyn til levetiden er lig med den gennemsnitlige netto-gænsst over hele investeringskædens uendelige levetid.

Kapitel 11 Diskontering af miljøeffekter

I de foregående kapitler er diskonteringsproblemstillingen blevet belyst med udgangspunkt i generelle netto-benefits, der er opgjort periode for periode. Netto-benefits omfatter både projektets konsekvenser for udbudet af markedsomsatte og ikke-markedsomsatte goder - herunder miljøgoder. Det har været underforstået, at alle typer af netto-benefits kan diskonteres på samme måde. Der er imidlertid undertiden blevet rejst tvivl, om dette også gælder miljøeffekter. Diskonteringen af miljøeffekter giver således anledning til følgende problemstillinger:

- Behovet for en særlig diskonteringsrate for miljøeffekter
- Diskontering af ikke-prissatte miljøeffekter
- Diskontering af ikke-varige miljøeffekter - fx skovrejsning og CO₂-binding
- Afgrænsning af diskonteringsrelevans - ugenoprettelige skader (irreversibilitet), dødsrisiko og den kritiske naturkapital

Kapitlet er bygget op over disse problemstillinger. Først antages det i *afsnit 11.1*, at samtlige miljøeffekter er prissat, det diskuteres, hvorvidt der i denne situation alligevel er behov for en særlig "miljømæssig diskonteringsrate". I så fald skal værdien af miljøkonsekvenserne diskonteres med én rate og de øvrige netto-benefits med en anden rate, forinden de to beregnede nutidsværdier efterfølgende summeres.

I praksis er det oftest ikke muligt at prissætte miljøeffekterne, og spørgsmålet i *afsnit 11.2* er derfor, under hvilke betingelser det er korrekt at diskontere de ikke-prissatte miljøeffekter. Dette spørgsmål er også relevant i relation til cost effectiveness analyser.

I visse tilfælde er miljøeffekterne ikke varige. Dette gælder fx den CO₂-binding, som sker i forbindelse med skovrejsning. I *afsnit 11.3* angives det, hvorledes disse ikke-varige effekter bør behandles i forhold til varige miljøeffekter.

Endelig rejses i *afsnit 11.4* spørgsmålet, om det altid er rimeligt at diskontere miljøeffekter. Denne problemstilling hænger snævert sammen med spørgsmålet om, hvilke miljøeffekter det er rimeligt at prissætte.

11.1 Behovet for en særlig diskonteringsrate for miljøeffekter

Det anføres undertiden, at den sædvanlige diskonteringsprocedure indebærer, at de vurderede projekters miljøkonsekvenser bliver tillagt for ringe betydning. Dette hænger sammen med, at miljøeffekterne ofte indtræffer relativt sent i forhold til de økonomiske konsekvenser, at miljøeffekternes stigende betydning over tid undertrykkes gennem diskonteringen, og at diskonteringen afleder opmærksomheden fra den betydelige risiko og usikkerhed, der er knyttet til de langsigtede miljøkonsekvenser. Der argumenteres derfor for at anvende en særlig lav diskonteringsrate for miljøeffekter.

Det kan i høj grad diskuteres, om det er diskonteringen, som er den egentlige årsag til disse svagheder. Det er også spørgsmålet, om svaghederne bedst imødegås ved at anvende en særlig lav diskonteringsrate for miljøeffekter. Endelig er en relativ høj diskonteringsrate ikke altid til ugunst for miljøprojekter. Er der tale om naturbevaringsprojekter, hvor betydningsfulde naturområder beskyttes mod fx fremtidig minedrift, opnås velfærdsgevinsterne straks, mens tabene i form af mistet ressourcerente først indtræffer på senere tidspunkter - jf. Cullen (1991).

I de følgende *afsnit 11.1.1* og *11.1.2* omtales først tre eksempler på argumentation for at vælge en miljøkorrigeret diskonteringsrate, mens der i *afsnit 11.1.3* argumenteres for at indarbejde de omtalte miljøhensyn i projektvurderingen gennem valget af beregningspriser og separat håndtering af usikkerhedsproblemstillingen.

11.1.1 Det miljøkvalitetsbevarende alternativafkast

I Weitzman (1994) tages der udgangspunkt i, at efterhånden som indkomstniveauet og den økonomiske aktivitet i samfundet stiger, får miljøkonsekvenserne stadig større betydning. Dette skyldes både den forøgede aktivitetens stigende belastning af naturen og visse naturgoders karakter af "luxusgoder" med en høj indkomstelasticitet. Miljøkonsekvensernes stadig større betydning indebærer, at deres relative beregningspris stiger. Dette indebærer videre, at de økonomiske aktiviteterets velfærdsøkonomiske afkastrate - i den udstrækning aktiviteterne har skadelig konsekvenser for naturen - bliver påvirket i stadig mere negativ retning. Dette taler i følge Weitzman for at benytte en alternativ afkastrate som diskonteringsrate, som er lavere end den umiddelbart observerbare markedsrate.

Ud fra en simpel model af økonomien udleder han en diskonteringsrateformel, der bestemmer den velfærdsøkonomiske afkastrate q_V som den budgetøkonomiske rate q_B multipliceret med en korrektionsfaktor $(1 - \gamma)$. Størrelse af γ afhænger af den andel af indkomsten z , som anvendes på miljøforbedringer, og af miljøforbedringernes elasticitet e_z med hensyn til z . Altså

$$q_V = q_B \cdot (1 - \gamma)$$

hvor

$$\gamma = z \cdot \left(1 + \frac{1}{e_z}\right)$$

Formlen udledes ud fra følgende antagelser:

Samfundets indkomst $Y(t)$ i periode t er en funktion af kapitalindsatsen $K(t)$ og tiden t . Dvs.

$$Y(t) = F(K(t), t)$$

Indkomsten anvendes til forbrug $C(t)$, investeringer $I(t) = K(t+1) - K(t)$ og miljøforbedrende foranstaltninger $\psi(t)$,

$$Y(t) = C(t) + I(t) + \Psi(t)$$

Endvidere antages det, at omfanget af miljøskader $D(t)$ pr. indkomstenhed $Y(t)$ afhænger af omfanget af miljøforbedrende foranstaltninger $\psi(t)$ pr. indkomstenhed $Y(t)$ og af tiden t . Dvs.

$$\frac{D(t)}{Y(t)} = G\left(\frac{\psi(t)}{Y(t)}, t\right)$$

hvor $\frac{\psi(t)}{Y(t)} = z$. Endelig defineres elasticiteten e_z for miljøforbedringer - dvs. reduktion af $D(t)$ som resultat

af miljøforbedrende foranstaltninger $\frac{\psi(t)}{Y(t)}$ som

$$e_z(t) = - \frac{\frac{dG}{dz}}{\frac{G}{z}} = - \frac{z \cdot G'}{G}$$

Når det gælder, at den budgetøkonomiske afkastrate $q_B = F'(K)$ kan Weitzman herefter vise, hvorledes den velfærdsøkonomiske afkastrate q_V efter korrektion for miljøskader kan udledes fra den budgetøkonomiske ved multiplikation med en koefficient $(1 - \gamma)$, hvis størrelse afhænger af z og e_z . Udledningen kan gennemføres på følgende måde:

Hvis en del af forbruget i periode t i stedet for bliver investeret, vil det give anledning til forøget økonomisk aktivitet i periode $t+1$. Det forøger umiddelbart miljøbelastningen og -skaderne i denne periode. Disse kan kun undgås, hvis en større andel af denne periodes indkomst anvendes på miljøforbedrende foranstaltninger, hvilket reducerer den del af investeringens afkast, der reelt er til rådighed for velfærdsskabende forbrug. Den hertil svarende velfærdsøkonomiske afkastrate, er altså udtryk for investeringens miljøkorrigerede afkastrate, hvor miljøkorrektionen består i at afsætte ressourcer til fastholdelse af en given miljøkvalitet. Investeringens miljøskader prissættes altså i Weitzman's model fra omkostningssiden. Det er den således definerede velfærdsøkonomiske afkastrate, som ønskes beregnet.

Hvis omfanget af miljøskader ønskes fastholdt på et konstant niveau \bar{D} , bliver ressourceforbruget til miljøforanstaltninger ψ en implicit funktion $\psi(Y)$ af indkomstniveauet, fordi

$$\bar{D} = Y \cdot G\left(\frac{\psi}{Y}\right)$$

Differentieres denne funktion med hensyn til Y , og antages D fastholdt på det ønskede niveau, fås

$$G\left(\frac{\psi(Y)}{Y}\right) + Y \cdot G'\left(\frac{\psi(Y)}{Y}\right) \cdot \left(\frac{\psi'(Y) \cdot Y - \psi(Y)}{Y^2}\right) = 0 \Rightarrow \psi'(Y) = \frac{\psi(Y)}{Y} - \frac{G\left(\frac{\psi(Y)}{Y}\right)}{G'\left(\frac{\psi(Y)}{Y}\right)} = z + \frac{z}{e_z} = z \cdot \left(1 + \frac{1}{e_z}\right)$$

Den velfærdsøkonomiske afkastrate q_V kan herefter beregnes som forskellen mellem det samlede budgetøkonomiske afkast af investeringen $q_B = \frac{dY}{dK} = F'(Y)$ og den andel af indkomstgevinsten, der skal afsættes

for at holde miljøkvaliteten upåvirket heraf $\frac{dY}{dK} \cdot \frac{d\psi}{dY} = F'(Y) \cdot \psi'(Y)$. Altså

$$q_V = F' - F' \cdot \psi' = q_B \cdot \left(1 - z \cdot \left(1 + \frac{1}{e_z}\right)\right) = q_B \cdot (1 - \gamma)$$

Der er tale om en relativt simpel formel, hvis praktiske relevans dog kan betvivles.

Formlens styrke er dens klare angivelse af forskellen mellem den budgetøkonomiske og den velfærdsøkonomiske afkastrate. Det er den sidstnævnte, som er relevant i forbindelse med velfærdsøkonomisk projektvurdering. I den udstrækning de økonomiske aktiviteter skader miljøet, er de observerbare budgetøkonomiske afkastrater ikke et tilfredsstillende udtryk for kapitalforbrugets opportunity costs. Hvis den aktuelle miljøtilstand anses for tilfredsstillende - dvs. den andel af indkomsten z , der aktuelt anvendes på miljøforanstaltninger, anses for tilstrækkelig - bør den budgetøkonomiske afkastrate q_B mindst reduceres med $z \cdot q_B$ for at få et udtryk den velfærdsøkonomiske afkastrate. Dette er tilfældet, hvis e_z er meget stor - dvs. en lille procentvis ændring i z har meget store miljøforbedrende konsekvenser - thi i så fald er $\gamma = z$. Jo mindre e_z er, jo større yderligere korrektion af den budgetøkonomiske afkastrate, skal der til for at nå frem til den velfærdsøkonomiske rate. Denne kan for små værdier af e_z endog blive negativ.

Formlen tager også højde for, at det muligvis på længere sigt bliver stadigt vanskeligere at fastholde den ønskede miljøkvalitet, eller at man ligefrem ønsker at forbedre denne - jf. formodningen om en relativt høj positiv indkomstelasticitet på visse miljøgoder. I så fald må z antages at stige og/eller e_z at falde. Dette medfører, at den velfærdsøkonomiske afkastrate ved konstant budgetøkonomisk rate vil være faldende over tid.

Formlens svaghed er imidlertid, at den i bedste fald kun har praktisk relevans, hvis det antages, at den aktuelle miljøtilstand og -indsats er tilfredsstillende. Det er nemlig kun under denne forudsætning, at de aktuelle værdier af z og e_z kan indsættes i formlen. Hvis de aktuelle miljøforhold fx ikke lever op til de ønskede, er dette udtryk for, at den aktuelle z ikke er tilstrækkelig høj, og at den aktuelle e_z muligvis er højere end ved

det ønskede miljøkvalitetsniveau. I så fald bør den velfærdsøkonomiske afkastrate nedjusteres mere end de aktuelle værdier af z og e_z tilsiger.

Hertil kommer, at ligesom værdien af den budgetøkonomiske afkastrate q_B er vanskelig at bestemme - jf. afsnit 9.1 - er også z og måske især e_z parametre, som det er særdeles vanskeligt at bestemme i praksis. Weitzman gør selv opmærksom herpå; men illustrerer trods alt anvendelsen af formlen med følgende tal: De årlige omkostninger til forureningsbekæmpelse i USA udgør ca. 2,7 pct., og Weitzman mener ud fra samholdende amerikanske data vedrørende emissioner og udgifter til emissionsbegrænsninger at kunne anslå e_z 's værdi til 0,5 - 1. Regner man videre på disse værdier - hvad Weitzman dog ikke selv gør - kan korrektionsfaktoren $(1 - \gamma)$ beregnes som

$$(1 - \gamma) = (1 - z \cdot (1 + \frac{1}{e_z})) = (1 - 0,027 \cdot (1 + \frac{1}{0,5})) = 0,919$$

Hvis Den budgetøkonomiske afkastrate q_B fx 10 pct., er den velfærdsøkonomiske rate i følge Weitzman's formel altså kun 9 pct.

De hidtidige forsøg på at bestemme tilsvarende parametre for danske forhold viser tydeligt de store vanskeligheder, som er forbundet hermed - se fx Finansministeriet (2001). Hovedproblemet vedrørende bestemmelsen af z er, at de velfærdsøkonomiske omkostninger ved den aktuelle miljøpolitik ikke alene omfatter direkte offentlige udgifter hertil, men også virksomhedernes direkte udgifter samt ikke mindst de mange indirekte velfærdstab, som er forbundet med den miljømæssige regulering. Dette taler for, at z i USA's tilfælde er væsentligt højere end de angivne 2,7 pct., hvilket Weitzman da også gør opmærksom på. I Finansministeriets rapport, hvor også de indirekte velfærdstab søges opgjort, angives z at være 5 pct. for Danmark. Der foreligger ikke beregninger af værdien af e_z for danske forhold.

Weitzman's fremgangsmåde er måske heller ikke den mest hensigtsmæssige tilgang til problemstillingen. Ved at antage at den aktuelle miljøtilstand svarer til den ønskede, hvorved de økonomiske aktiviteters miljøkonsekvenser kan prissættes fra omkostningssiden, fokuseres der udelukkende på omkostningerne ved at opretholde miljøtilstanden. Herved undgås en egentlig prissætning af de økonomiske aktiviteters miljøkonsekvenser. Dette er uheldigt, såfremt den aktuelle miljøtilstand ikke svarer til den optimale. I dette tilfælde er det mere korrekt at beregne den velfærdsøkonomiske afkastrate ved fra det budgetøkonomiske afkast at trække beregningsprisværdien af de økonomiske aktiviteters miljøskader.

11.1.2 Den miljø-usikkerhedskorrigerede diskonteringsrate

Drepper & Månssons model

I Drepper & Månsson (1993) opstilles en generel miljømodel, i følge hvilken sandsynlighedsfordelingen for forskellige niveauer af miljøskader D kan udtrykkes som en funktion af tiden t , af hyppigheden af ustabilitet i det økologiske system λ og af variansen for de miljøskader, der indtræffer som følge af ustabiliteten σ . Den tidsafhængige fordelingsfunktion $P(D,t)$ formuleres på følgende måde

$$P(D,t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\lambda\sigma^2t}} \cdot \frac{1}{D} \cdot e^{-\frac{1}{2\lambda\sigma^2t} \cdot (\ln \frac{D}{D(0)} + \frac{1}{2}\lambda\sigma^2t)^2}$$

hvor $D(0)$ er miljøskadesniveauet på tidspunkt 0 - det niveau, omkring hvilket de stokastiske miljøskadeudsving indtræffer. Det vil føre for vidt på dette sted at redegøre for hele argumentationen bag denne temmelig komplicerede fordelingsfunktion. Det afgørende er imidlertid, at variansen for miljøskadeniveauet vil være stigende over tid. Den tidsafhængige varians for den opstillede fordelingsfunktion udledes nemlig af Drepper & Månsson til

$$(D(t) - D(0))^2 = D(0) \cdot (e^{\lambda\sigma^2t} - 1)$$

Drepper & Månsson anser de værdier, som knyttes til miljøgoder eller -skader for inkommensurable med de værdier, som er knyttet til almindelige markedsomsatte forbrugsgoder. De afviser altså at lade miljøgoder og forbrugsgoder omfatte af den samme samfundsmæssige velfærdsfunktion. I stedet opstiller de en velfærdsfunktion for hhv. miljøskader og forbrugsgoder. Velfærdsfunktionen for miljøskader er

$$W_E = -D^\gamma \quad \text{hvor } \gamma > 1$$

dvs. den negative velfærd af miljøskader antages at stige med en voksende vækstrate.

Herefter kan Drepper & Månsson udlede den forventede negative velfærd af miljøskader på tidspunkt t som en funktion af hyppigheden af ustabilitet i det økologiske system λ , variansen i de miljøskader, der indtræffer som følge af ustabiliteten σ , og velfærdsfunktionens parameter γ .

$$E_t(W_E(D)) = \int_0^\infty -D^\gamma \cdot P(D, t) \cdot dD = -D(0)^\gamma \cdot e^{-\frac{1}{2}(\gamma-\gamma^2)\lambda\sigma^2 t} = -D(0)^\gamma \cdot e^{-\delta}$$

Den forventede velfærd på tidspunkt t er altså lig med velfærden af det miljøskadeniveau, omkring hvilket de stokastiske udsving indtræffer $D(0)$ multipliceret med $e^{-\delta}$ hvor

$$\delta = \frac{1}{2} \cdot (\gamma - \gamma^2) \cdot \lambda \cdot \sigma^2 \cdot t < 0$$

kan fortolkes som en diskonteringsrate, der altså inden for den opstillede models rammer bliver negativ. Dette skyldes, at variansen for miljøskadernes omfang som omtalt er stigende over tid, og at velfærdstabet som følge af miljøskader stiger eksponentielt med skadernes omfang. Fordi risikoen for virkelig alvorlige skader og dermed for virkelig store velfærdsmæssige tab bliver stadig større over tid, er den af naturen og miljøet afhængige forventede velfærd faldende over tid. Ligesom forventninger om fremtidig økonomisk vækst kan være argument for at vælge en positiv forbrugsdiskonteringsrate - jf. afsnit 3.1 - kan forventninger om en fremtidig reduktion af den miljørelaterede velfærd derfor være argument for valget af en negativ diskonteringsrate for miljøkonsekvenser. Projektets langsigtede miljøkonsekvenser bør tillægges større betydning end de kortsigtede, fordi de forventede fremtidige miljøforhold er ringere.

Weitzmans model

Et usikkerhedsbaseret resultat af en tilsvarende karakter nås i Weitzman (1998). Argumentationen er blot en anden. Der argumenteres heri for at anvende den lavest mulige alternative afkastrate som diskonteringsrate på det meget lange sigt. Udgangspunktet er, at normal eksponentiel diskontering fører til, at en miljøkatastrofe, der indtræffer om fire hundrede år, fremstår som væsentlig mindre betydningsfuld, end en katastrofe, der indtræffer om tre hundrede år. Dette vil de fleste anse for helt urimeligt.

Weitzman anerkender, at den forventede alternative afkastrate er central i forbindelse med diskonteringen, men fremhæver, at afkastratens størrelse er omgærdet med betydelig usikkerhed - især på det meget lange sigt. Dette er udgangspunktet for argumentationen, der i øvrigt er bygget op omkring følgende model:

Den fremtidige udvikling er usikker og kan derfor følge en række forskellige scenarier $j = 1, 2, \dots, n$. Scenarierne kan spænde lige fra en udvikling med høje velfærdsmæssige vækst- og afkastrater til en udvikling, hvor en forarmet natur efterhånden sætter grænser for væksten og måske endda fører til negative velfærdsmæssige afkastrater. Sandsynligheden for at det enkelte scenarie indtræffer er p_j . Til hvert muligt scenarie svarer der en række tidsafhængige diskonteringsrater (rentestyrker - jf. bilag II) $\phi_j(t)$. Endelig antager Weitzman, at diskonteringsraten under det enkelte scenarie vil nærme sig en bestemt grænseværdi ϕ_j^* for $t \rightarrow \infty$.

Den relevante diskonteringsfaktor $a_j(t)$ for beregningen af nutidsværdien af en velfærdsændring på tidspunkt t under scenarie j bliver herefter

$$a_j(t) = e^{-\int_0^t \varphi_j(\tau) d\tau}$$

Den forventede diskonteringsfaktor på tidspunkt t bliver derfor

$$A(t) = \sum_{j=1}^n p_j \cdot a_j(t)$$

Den forventede diskonteringsrate er defineret ved

$$R(t) = -\frac{\dot{A}(t)}{A(t)}$$

og den forventede langsigtede diskonteringsrate R^* bliver grænseværdien for $R(t)$ for $t \rightarrow \infty$.

Weitzman viser herefter, at den forventede langsigtede diskonteringsrate R^* er lig med den mindste af de mulige langsigtede diskonteringsrater φ_j^* , dvs.

$$R^* = \min \text{imum}_j \{ \varphi_j^* \} = \varphi_{\min}^*$$

Beviset for dette gennemføres ved først at differentiere $A(t)$ med hensyn til tiden:

$$\dot{A}(t) = \sum_{j=1}^n p_j \cdot \dot{a}_j(t) = -\sum_{j=1}^n p_j \cdot \varphi_j(t) \cdot a_j(t)$$

$$\Rightarrow -\frac{\dot{A}(t)}{A(t)} = R(t) = \frac{\sum_{j=1}^n p_j \cdot \varphi_j(t) \cdot a_j(t)}{\sum_{j=1}^n p_j \cdot a_j(t)} = \sum_{j=1}^n w_j(t) \cdot \varphi_j(t)$$

hvor $w_j(t) = \frac{p_j \cdot a_j(t)}{\sum_{j=1}^n p_j \cdot a_j(t)} > 0$ og $\sum_{j=1}^n w_j(t) = 1$

Hvis det herefter antages, at fx φ_1^* er den lavest mulige langsigtede diskonteringsrate, fås:

$$\lim(t \rightarrow \infty) \frac{w_j(t)}{w_1(t)} = \lim(t \rightarrow \infty) \frac{p_j \cdot a_j(t)}{p_1 \cdot a_1(t)} = \frac{p_j \cdot e^{-\int_0^t \varphi_j(\tau) d\tau}}{p_1 \cdot e^{-\int_0^t \varphi_1(\tau) d\tau}} = \lim(t \rightarrow \infty) \frac{p_j}{p_1} \cdot e^{-(\varphi_j^* - \varphi_1^*) \cdot t} = 0$$

Heraf ses, at $\lim(t \rightarrow \infty) w_j(t) = 0$, hvorfor $\lim(t \rightarrow \infty) w_1(t) = 1$. Dette indebærer, at den forventede langsigtede diskonteringsrate

$$\lim R(t)(t \rightarrow \infty) = R^* = \varphi_1^*$$

hvor $\varphi_i^* = \varphi_{min}^*$. Den langsigtede diskonteringsrate bør altså i følge Weitzman's argumentation være den mindst mulige langsigtede alternative afkastrate. Dette skyldes, at det er det hertil svarende mulige scenarie, som bør være helt afgørende for projektvurderingen. I alle andre mulige scenarier benyttes en højere diskonteringsrate, og disse scenarier er derfor uden betydning i forhold til scenariet med den mindste langsigtede diskonteringsrate.

Weitzman's argumentation hviler ikke på, at miljøforholdene forventes at blive ringere. Han viser derimod, at den forventede langsigtede diskonteringsfaktor $\lim A(t)(t \rightarrow \infty)$ på grund af muligheden for flere fremtidige scenarier, bør beregnes på grundlag af den mindst mulige langsigtede diskonteringsrate. Det scenarie, hvis langsigtede diskonteringsrate er mindst, vil ganske enkelt veje tungest ved opgørelsen af nutidsværdien af projektets forventede netto-benefits. Dette scenarie kan imidlertid udmærket være et scenarie, hvor det fremtidige velfærdsøkonomiske afkast pga. de økonomiske aktiviteterets negative miljøkonsekvenser er meget lille.

Med udgangspunkt i den refererede argumentation anbefaler Weitzman, at man på kortere sigt benytter den aktuelle nogenlunde sikre alternative velfærdsøkonomiske afkastrate som diskonteringsrate. På længere sigt bør man imidlertid anvende en stadigt mindre diskonteringsrate, som på langt sigt sættes lig den mindst mulige alternative velfærdsøkonomiske afkastrate.

11.1.3 Anbefaling

Der er i de to foregående afsnit givet eksempler på, hvorledes der i forbindelse med diskonteringen af miljøkonsekvensernes velfærdsøkonomiske værdi kan argumenteres for at benytte en lavere diskonteringsrate end den, der benyttes over for økonomiske konsekvenser. I *afsnit 11.4* bliver argumentationen fulgt op af en række overvejelser om, hvorvidt man i visse tilfælde helt bør undlade at diskontere værdien af miljøkonsekvenserne.

De tre skildrede argumenter for at benytte en særlig lav diskonteringsrate ved diskonteringen af miljøkonsekvenser tager hhv. udgangspunkt i, at de økonomiske aktiviteter vil føre til stadig større miljøforringelser, som gør miljøgoderne stadigt mere værdifulde, og i at risikoen for voldsomme fremtidige miljøskader tilsi-ger, at forventede fremtidige konsekvenser tillægges betydelig større vægt end anvendelsen af den økonomiske diskonteringsrate giver mulighed for.

Over for denne argumentation kan det indvendes, at det måske ikke er hensigtsmæssigt at tage højde for disse i øvrigt særdeles væsentlige hensyn gennem valget af diskonteringsrate. De udviklede korrigerede diskonteringsrater repræsenterer ganske vist teknisk elegante løsninger på problemerne; men samtidig er der risiko for, at forudsætningerne for den valgte diskonteringsrate og dermed de resulterende nutidsværdiberegninger bliver uigennemskuelige. Der er også risiko for, at korrektionen af diskonteringsraten repræsenterer en for unuanceret løsning på problemerne.

Derfor bør man generelt afholde sig fra at anvende forskellige diskonteringsrater på forskellige typer af konsekvenser, og risikoen eller usikkerheden vedrørende de fremtidige forhold og konsekvenser bør beskrives og vurderes separat. Dette kan ske ved at indarbejde den forventede udvikling i de relative værdier på konsekvenserne i de benyttede beregningspriser og ved gennemføre en egentlig risikoanalyse af projektets konsekvenser - herunder beskrive, hvorledes disse og vurderingen heraf afhænger af de forskellige mulige fremtidige miljøforhold. Herved opnås et væsentligt klarere overblik over, hvilke hensyn det er væsentligt at inddrage i forbindelse med projektvurderingen. Ved alene at lade diskonteringsraten afspejle den relative værdi af tidsmæssigt forskelligt placerede velfærdsændringer, bevares samtidig muligheden for at føre en tidskonsistent miljøpolitik - dvs. en politik, som ikke vil blive ændret i fremtiden, alene fordi diskonteringsraten nu er en anden, jf. Horowitz (1996).

Konkret bør forventninger om fremtidige ændringer i miljøforhold give sig udslag i fremtidige ændringer i de relative beregningspriser på de relevante miljøgoder. På denne måde kan der også indirekte tages højde for mulige fremtidige miljøkatastrofer. Disse vil nemlig indebære, at beregningspriserne på de påvirkede miljøgoder enten bliver meget høje eller ligefrem prohibitivt høje. Herved fører diskonteringen ikke nødvendigvis til, at der reelt ses bort fra projektets langsigtede konsekvenser.

Med denne anbefaling er det dog fortsat et problem, hvorledes udviklingen i de fremtidige beregningspriser på miljøgoder fastsættes. Disse priser kan fx tænkes at stige i takt med realindkomsten i samfundet - med øget generel velfærd stiger den relative betalingsvillighed antageligt for en række miljøgoder - eller de påvirkes som sagt af ændringer i miljøforholdene. Der kan dog ikke opstilles generelle regler for, hvorledes priserne udvikler sig i fremtiden. Af denne grund må det også foretrækkes ved projektvurderingen eksplicit at vise, at beregningsprisen på et givet miljøgode antages at vokse med x pct. om året, frem for at diskontere den fremtidige værdi af godet med diskonteringsraten fratrukket de x pct. Ikke alene risikerer man herved at skulle anvende flere forskellige diskonteringsrater, hvis de relative priser på miljøgoderne ændrer sig, og antagelserne om beregningsprisudviklingen kommer til at fremstå mindre klart.

Selvom de refererede forslag til miljømæssige korrektioner af diskonteringsraten altså afvises her som værende uhensigtsmæssige - primært fordi de forringer infomationsniveauet og fleksibiliteten i projektvurderingen - er det vigtigt at fastholde de indsigter, som argumentationen for korrektionerne har bibragt. For det første understreger Weitzman's argumentation for at anvende en miljøkvalitetsbevarende alternativafkastrate som diskonteringsrate, at den for projektvurderingen relevante alternative afkastrate er en velfærdsøkonomisk afkastrate og ikke en budgetøkonomisk afkastrate eller markedsrente. For det andet understreger Dreyper & Månssons argumentation vigtigheden af også at vurdere projektets miljøkonsekvenser i lyset af de værste tænkelige fremtidige miljøforhold. Det samme er tilfældet for Weitzman's argumentation for på langt sigt at benytte den lavest mulige alternative afkastrate som diskonteringsrate.

11.2 Diskontering af ikke-prissatte miljøeffekter

Som udgangspunkt er det kun værdien af prissatte miljøkonsekvenser, som umiddelbart kan diskonteres. Diskonteringen afspejler nemlig den relative værdi af de med miljøkonsekvenserne forbundne velfærdsændringer, der indtræffer på forskellige tidspunkter. Det er derfor problematisk direkte at diskontere ikke-prissatte miljøkonsekvenser.

I praksis er dette imidlertid ofte særdeles relevant. I velfærdsøkonomiske cost effectiveness analyser, der sigter mod at minimere omkostningerne ved at opfylde givne miljømålsætninger, står man ofte med det problem, at de analyserede foranstaltningers miljøkonsekvenser ikke har samme tidsprofil. Et godt eksempel på problemstillingen er valget mellem at investere i energibesparende foranstaltninger med henblik på at reducere CO₂-udslippet og efterhånden at udskifte kulfyrede kraftværker med vindmøller. De energibesparende foranstaltninger reducerer CO₂-emissionerne næsten med det samme, mens effekten af at udskifte de kulfyrede kraftværker først opnås på længere sigt. Problemet bliver herefter, hvorledes disse to CO₂-reduktionsmuligheder sammenlignes, når konsekvenserne ikke kan prissættes.

I det følgende beskrives forudsætningerne for at kunne diskontere ændringer i miljøbelastningen direkte. Der er tale om en sammenfatning af fremstillingen i Richards (1993). Det opstillede eksempel vedrører mulighederne for at diskontere ændringer i CO₂-emissionerne; men konklusionerne er selvfølgelig gyldige, uanset hvilken belastningsform der er tale om.

Velfærden i samfundet forudsættes at kunne beskrives ved en velfærdsfunktion, hvor velfærden $W(t)$ i periode t antages at kunne opgøres som værdien af periodens produktion $p(t) \cdot Y(t)$ fratrukket værdien af de benyttede materialer og arbejdskraft $w(t) \cdot N(t)$. Produktionen antages at være en funktion af klimaet $Cl(t)$, koncentrationen af drivhusgasser $G(t)$, emissionerne af drivhusgasser $E(t)$ og af indsatsen af hhv. kapital $K(t)$ og arbejdskraft og materialer $N(t)$. Produktionen antages at afhænge af klimaet, fordi dette er bestemmende for afkastet i en række primære erhverv. Koncentrationen af drivhusgasser påvirker fx produktionen gennem konsekvenserne for sundheden af, at stratosfærens ozonlag nedbrydes af CFC-gasser, og ved at forøget CO₂-koncentration påvirker udbyttet i landbruget. Endelig påvirker emissionerne af drivhusgasser direkte produktionen ved at der anvendes ressourcer på at kontrollere emissionerne. Det antages altså at

$$W(t) = p(t) \cdot Y(Cl(t), G(t), E(t), K(t), N(t)) - w(t) \cdot N(t)$$

hvor

$W(t)$ = velfærden i periode t

$Y(\)$ = produktionen i periode t

$p(t)$ = produkternes priser i periode t
 $Cl(t)$ = klimaet i periode t
 $G(t)$ = koncentrationen af drivhusgasser i periode t
 $E(t)$ = emissionerne af drivhusgasser i periode t
 $K(t)$ = kapitalindsatsen i periode t
 $N(t)$ = forbruget af materialer og arbejdskraft i periode t
 $w(t)$ = priserne på materialer og arbejdskraft i periode t

Det gælder endvidere

$Cl(t) = h(G(t))$
 $G(t) = E(t) - a \cdot G(t)$
 $K(t) = I(t) - b \cdot K(t)$

hvor a er den rate, hvormed drivhusgasserne nedbrydes, b er kapitalens afskrivningsrate, og $I(t)$ er investeringerne i periode t .

Med henblik på at udlede betingelserne for det optimale udviklingsforløb kan Hamilton-funktionen, H , herfter opstilles, idet φ er diskonteringsraten (rentestyrken - jf. bilag II)

$$H = e^{-\varphi t} \cdot (p(t) \cdot Y - w(t) \cdot N(t) - I(t)) + \lambda_K(t) \cdot (I(t) - b \cdot K(t)) + \lambda_G(t) \cdot (E(t) - a \cdot G(t))$$

Idet priserne antages at være konstante p og w , bliver optimalitetsbetingelserne

$$\frac{\partial H}{\partial N} = 0 = e^{-\varphi t} \cdot p \cdot \frac{\partial Y}{\partial N} - w$$

$$\frac{\partial H}{\partial E} = 0 = e^{-\varphi t} \cdot p \cdot \frac{\partial Y}{\partial E} + \lambda_G$$

$$\frac{\partial H}{\partial I} = 0 = e^{-\varphi t} + \lambda_K$$

$$\frac{\partial \lambda_K}{\partial t} = -\frac{\partial H}{\partial K} = -e^{-\varphi t} \cdot p \cdot \frac{\partial Y}{\partial K} + \lambda_K \cdot b$$

$$\frac{\partial \lambda_G}{\partial t} = -\frac{\partial H}{\partial G} = -e^{-\varphi t} \cdot p \cdot \frac{\partial Y}{\partial G} - e^{-\varphi t} \cdot p \cdot \frac{\partial Y}{\partial Cl} \cdot \frac{\partial Cl}{\partial G} + \lambda_G \cdot a$$

Ud fra den sidste optimalitetsbetingelse fås

$$\begin{aligned} \frac{\partial \lambda_G}{\partial t} - a \cdot \lambda_G &= -e^{-\varphi t} \cdot p \cdot (Y_G(t) + Y_{Cl}(t) \cdot Cl_G(t)) \\ \Rightarrow \frac{d(e^{-a \cdot t} \cdot \lambda_G)}{dt} &= -e^{-(\varphi+a)t} \cdot p \cdot (Y_G(t) + Y_{Cl}(t) \cdot Cl_G(t)) \\ \Rightarrow \lambda_G(t) &= -e^{a \cdot t} \cdot \int_t^{\infty} e^{-(\varphi+a)s} \cdot p \cdot (Y_G(t) + Y_{Cl}(t) \cdot Cl_G(t)) \cdot ds \end{aligned}$$

$\lambda_G(t)$ er udtryk for værdien af ændringen i velfærden - beregningsprisen - ved at ændre koncentrationen af drivhusgasserne i periode t . Denne værdi er bestemt af ændringen i produktionsværdien - direkte som følge af koncentrationsændringen, $Y_G(t)$, og indirekte som følge af den klimaændring, som koncentrationsændringen giver anledning til, $Y_{Cl}(t) \cdot Cl_G(t)$.

Det er herefter muligt at belyse, hvorledes skadesfunktionens, $D(Cl(t))$'s, form er bestemmende for mulighederne for direkte at diskontere koncentrationsændringerne frem for værdien af skaderne. Det antages, at $Y_G = 0$ - d.v.s. at drivhusgaskoncentrationen ikke har direkte indflydelse på produktionen - og at $Cl_G(t) = k$ - d.v.s. at der er proportionalitet mellem drivhusgaskoncentrationen og klimaet.

Hvis skadesfunktionen er lineær

$$D(t) = d_0 + d_1 \cdot Cl(t)$$

fås værdien af en ændring i klimaet som

$$D_C(t) = d_1 = p \cdot Y_{Cl}(t)$$

Værdien af en koncentrationsændring på tidspunkt t kan herefter bestemmes som

$$\lambda_G(t) = -e^{a \cdot t} \cdot \int_t^{\infty} e^{-(\varphi+a)s} \cdot d_1 \cdot k \cdot ds = -e^{a \cdot t} \cdot \frac{1}{-(\varphi+a)} \cdot e^{-(\varphi+a)t} \cdot d_1 \cdot k = \frac{e^{-\varphi t}}{\varphi+a} \cdot d_1 \cdot k$$

Det ses, at

$$\lambda_G(0) = \frac{1}{\varphi+a} \cdot d_1 \cdot k \Rightarrow \lambda_G(t) = e^{-\varphi t} \cdot \lambda_G(0)$$

Det gælder altså, at skadesfunktionen lineær, og er der proportionalitet mellem koncentrationen af drivhusgasser og klimaet $Cl_G(t) = k$, da kan der diskonteres direkte på koncentrationsændringerne.

Det er derimod ikke muligt, hvis $Cl_G(t)$ varierer over tiden, eller hvis skadesfunktionen er ikke-lineær. Er den fx kvadratisk, fås

$$\begin{aligned} D(t) &= d_0 + d_1 \cdot Cl(t) + d_2 \cdot Cl(t)^2 \\ \Rightarrow D_{Cl}(t) &= d_1 + 2 \cdot d_2 \cdot Cl(t) = p \cdot Y_{Cl}(t) \end{aligned}$$

Værdien af en ændring i drivhusgaskoncentrationen bliver herefter

$$\begin{aligned}\lambda_G(t) &= -e^{-a \cdot t} \cdot \int_t^{\infty} e^{-(\varphi+a) \cdot s} \cdot (d_1 + 2 \cdot d_2 \cdot Cl(t)) \cdot k \cdot ds \\ &= \frac{e^{-\varphi \cdot t}}{\varphi + a} \cdot d_1 \cdot k + 2 \cdot d_2 \cdot k \cdot \int_t^{\infty} e^{-(\varphi+a) \cdot s} \cdot Cl(t) \cdot ds\end{aligned}$$

Da λ_G nu også afhænger af $Cl(t)$, er det ikke længere muligt direkte at diskontere koncentrationsændringerne med den sædvanlige diskonteringsrate φ . Dette vil føre til vildledende resultater med hensyn til den velfærdsmæssige nutidsværdi af koncentrationsændringerne. Kun hvis klimaet $Cl(t)$ er konstant - dvs. hvis miljøets forureningsgrad er stabil over tiden - vil diskonteringen af koncentrationsændringerne, ikke føre til vildledende resultater.

Pointen er i Møller et al. (2000) illustreret med følgende eksempel: Det antages, at to foranstaltninger A og B kan gennemføres til samme omkostninger. A giver anledning til en emissions- og koncentrationsreduktion på 1 allerede i år 0, mens B ganske vist indebærer en større reduktion på 1,3, men først i år 10. Diskonteres disse emissionsreduktioner direkte med en diskonteringsrate på 3 pct., bliver nutidsværdien heraf hhv. 1 og 0,97. A bør altså umiddelbart foretrækkes for B.

Hvis imidlertid koncentrationen af det skadelige stof forventes at stige fra 5 til 7 over de næste 10 år, og skadesfunktionen kan formuleres som et andengrads polynomium $D = G^2$, hvor D er værdien af skaden og G er koncentrationen af stoffet, da kan værdien af foranstaltningernes skadesreduktioner opgøres på følgende måde: For A er værdien lig med $5^2 - 4^2 = 9$, og for B er den $7^2 - 5,7^2 = 16,5$. Nutidsværdien heraf er hhv. 9 og 12. Vurderet ud fra nutidsværdien af de undgåede skader, hvilket er den korrekte fremgangsmåde, bør foranstaltning B altså foretrækkes.

Disse overvejelser kan i en række tilfælde indebære, at løsningen af en række miljøproblemer bør udskydes, til problemerne eller skaderne har antaget et tilstrækkeligt omfang - jf. *kapitel 10* om tidsfastsættelsesproblemet. Dette kan umiddelbart forekomme uheldigt; men man bør erindre, at udskydelsen af problemets løsning giver mulighed for i en periode at anvende de knappe ressourcer på andre velfærdsskabende foranstaltninger. Samtidig vil det normalt også være sådan, at jo længere tid løsningen udskydes, jo mere omkostningsfuldt vil det være at gennemføre denne. Dette sætter i de fleste tilfælde en grænse for, hvor længe det kan betale sig at vente.

Sammenfattende gælder det, at kun hvis 1) sammenhængen mellem miljøbelastningsændringen og koncentrationsændringen af det skadelige stof, 2) sammenhængen mellem ændringen i koncentrationen af det skadelige stof og miljøtilstandsændringen, og 3) sammenhængen mellem miljøtilstandsændringen og den heraf følgende velfærdsændring alle er lineære, kan ændringer i miljøbelastningen diskonteres direkte. I alle andre tilfælde bør man være forsigtig hermed.

11.3 Diskontering af ikke-varige miljøeffekter - skovrejsning og CO₂-binding

I forbindelse med især velfærdsøkonomiske cost effectiveness analyser på miljøområdet opstår der undertiden det problem, at nogle af de analyserede foranstaltninger kun giver anledning til miljøgevinster over en begrænset årrække. Dette er fx tilfældet med skovrejsningsprojekter, som afhængigt af de valgte træarter over en årrække på 50 - 120 år binder CO₂, og dermed bidrager til opfyldelsen af CO₂-målsætningen i disse år. Herefter ophører effekten, idet en ligevægtssituation nås, hvor frigivelsen af CO₂ ved anvendelse af træet i hvert fald set over en årrække stort set svarer til den fortsatte binding ved genplantning. Et andet eksempel på ikke-varige miljøeffekter er CO₂-lagring i tømte underjordiske råstofforekomster. Montering af partikel-filtre på eksisterende brugte lastbiler kan også i modsætning til montering på alle fremtidige lastbiler opfattes som en ikke-varig miljøeffekt, idet lastbilerne har begrænset levetid.

Over for sådanne foranstaltninger står i regelen en mængde foranstaltninger, hvis konsekvenser er varige - fx reduktion af SO₂-emissionerne ved overgang fra kulfyrede kraftværker til gasfyrede eller reduktion af næringsstofbelastningen ved at reducere gødningsforbruget. Problemet er, hvorledes foranstaltninger med vari-

ge effekter og tidsbegrænsede effekter bedst sammenlignes med henblik på at belyse deres relative omkostningseffektivitet.

Det generelle problem vedrørende vurdering af projekter med forskellig levetid er behandlet i *kapitel 7*. Overvejelserne i dette afsnit repræsenterer derfor en anvendelse af de i dette kapitel opstillede principper for valg af fælles tidshorisont og annuisering. Der ses i det følgende bort fra det i *afsnit 11.2* omtalte problem vedrørende eventuelle ikke-lineære sammenhænge mellem belastningsændringernes omfang og deres velfærdsmæssige værdi. Betingelserne for at kunne diskontere foranstaltningernes belastningsændringer direkte antages altså at være opfyldt.

Problemstillingen kan herefter gribes an på følgende måde: Først beregnes hhv. nutidsværdien af den enkelte foranstaltnings netto-omkostninger og belastningsreduktioner. Forholdet mellem disse to størrelser kan herefter direkte benyttes som udtryk for den enkelte foranstaltnings omkostningseffektivitet, og foranstaltningerne kan rangordnes på baggrund heraf.

Undertiden er der især interesse for at opgøre foranstaltningernes årlige netto-omkostninger og belastningsreduktioner. Disse kan dernæst beregnes for hver foranstaltning ved at annuisere de beregnede nutidsværdier over en uendelig tidshorisont. Det er meget vigtigt, at de årlige netto-omkostninger og belastningsreduktioner beregnes over en uendelig tidshorisont for såvel den tidsbegrænsede som den varige foranstaltning. Dette er nødvendigt for at fastholde rangordningen mellem de enkelte foranstaltninger. Ved sprede nutidsværdien af den tidsbegrænsede foranstaltnings belastningsreduktion ud over en uendelig tidshorisont tydeliggøres også det relativt beskedne bidrag herfra.

Fremgangsmåden kan formaliseres på følgende måde: Idet C_t står for netto-forbrugsomkostninger i periode t , B_t står for belastningsreduktion i periode t , og i er forbrugsdiskonteringsraten, beregnes omkostningseffektiviteten for hhv. den varige og tidsbegrænsede foranstaltning OE_∞ og OE_T som:

$$OE_\infty = \frac{\sum_{t=0}^{\infty} \frac{C_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^{\infty} \frac{B_t}{(1+i)^t}} \quad \text{og} \quad OE_T = \frac{\sum_{t=0}^{\infty} \frac{C_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+i)^t}}$$

Omkostningseffektiviteterne er her beregnet ud fra nutidsværdierne af netto-omkostninger og belastningsændringer. Den tidsbegrænsede foranstaltning antages at have varige omkostninger, mens belastningsreduktionerne kun forløber over T år. Ønsker man at beregne de tilsvarende årlige omkostninger og reduktioner, multipliceres såvel tæller som nævner med kapitalinvindingsfaktoren for en uendelig tidshorisont, der er lig med diskonteringsraten i . Altså

$$OE_\infty = \frac{i \cdot \sum_{t=0}^{\infty} \frac{C_t}{(1+i)^t}}{i \cdot \sum_{t=0}^{\infty} \frac{B_t}{(1+i)^t}} \quad \text{og} \quad OE_T = \frac{i \cdot \sum_{t=0}^{\infty} \frac{C_t}{(1+i)^t}}{i \cdot \sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+i)^t}}$$

Da i 'erne går ud mod hinanden i begge udtryk, ses det, at rangordningen med hensyn til omkostningseffektivitet bevares. Dette havde ikke været tilfældet, hvis belastningsændringerne for den tidsbegrænsede foranstaltning var blevet annuiseret over den begrænsede periode T , hvor de finder sted.

Undertiden er den belastningsreduktion, som opnås ved en varig foranstaltning, konstant over tiden, dvs. $B_t = B$. Omkostningseffektiviteten for denne foranstaltning kan i dette tilfælde beregnes som

$$OE_{\infty} = \frac{i \cdot \sum_{t=0}^{\infty} \frac{C_t}{(1+i)^t}}{B}$$

Diskonteringen af ikke-varige miljøeffekter i forbindelse med især velfærdsøkonomiske cost effectiveness analyser, hvor de ikke-varige effekter ønskes sammenlignet med varige effekter, kan altså gennemføres efter samme retningslinier som i øvrigt benyttes ved sammenligning af projekter med forskellig tidshorisont. Det er imidlertid vigtigt, at forudsætningerne for direkte at kunne diskontere miljøbelastningsændringer er opfyldt. Det er endvidere vigtigt, at de årlige omkostninger og belastningsreduktioner for de tidsbegrænsede foranstaltninger beregnes ved annuisering af nutidsværdierne over en uendelig tidshorisont, hvis de ønskes sammenlignet med de årlige omkostninger og belastningsreduktioner af varige foranstaltninger.

11.4 Afgrænsning af diskonterings relevans - ugenoprettelige skader, dødsrisiko og den kritiske naturkapital

Man kan spørge om diskontering af miljøkonsekvensernes velfærdsmæssige værdi altid er relevant og rimeligt? Dette spørgsmål er selvsagt en del af et mere omfattende spørgsmål om det etiske grundlag for overhovedet at diskontere - herunder om diskontering er foreneligt med en rimelig hensyntagen til fremtidige generationer. Da dette spørgsmål behandles i *kapitel 12*, skal den specifikke problemstilling i relation til miljøeffekter kun omtales meget kort.

Problemstillingen omfatter tre elementer:

- Diskontering af konsekvenser for udbudet af reproducerbare miljøgoder
- Diskontering af konsekvenser for udbudet af ikke-reproducerbare miljøgoder - irreversibilitet
- Hensyntagen til den kritiske naturkapital

Umiddelbart forekommer det rimeligt at diskontere konsekvenser for udbudet af reproducerbare miljøgoder - herunder skader på naturen, som kan genoprettes. I den udstrækning diskonteringen og diskonteringsraten afspejler samfundsmæssige tidspræferencer og/eller forventninger om fremtidige forbrugsstigninger, synes der at være et nogenlunde solidt grundlag for at tillægge en fremtidig genoprettelig miljøskade mindre velfærdsmæssig værdi end en aktuel skade. Dette gælder fx inddragelsen af naturområder til landbrugsdrift. Succesen med en række nylige naturgenopretningsprojekter viser, at der ikke nødvendigvis er tale om uoprettelige tab.

Tilsvarende forekommer det rimeligt i forbindelse med projektvurderingen at tage højde for de alternative afkastmuligheder, så længe de økonomiske afkastskabende aktiviteter ikke giver anledning til uoprettelige skader på miljøet og naturen. Dette gælder givetvis i forbindelse med vurderingen af mange genanvendelsesprojekter. De alternative affaldshåndteringsmuligheder giver sjældent anledning til egentlige uoprettelige skader, hvorfor det er rimeligt at basere valget mellem genanvendelse og alternativ behandlingsform på disse relative velfærdsøkonomiske afkasttrater.

Diskonteringen bliver imidlertid problematisk, såfremt projektet eller alternativene hertil har konsekvenser for udbudet af ikke-reproducerbare miljøgoder. Den velfærdsøkonomiske værdi af skaderne behøver ikke at være uendelig høj - jf. nedenfor om kritisk naturkapital - det afgørende er blot, at det ikke nødvendigvis i sådanne tilfælde er velfærdsmæssigt mindre betydningsfuldt at udbudsændringen finder sted engang i fremtiden frem for nu. Et eksempel på denne problemstilling kunne være oprettelsen af et deponi for farligt affald, som alternativ til genanvendelse eller anden destruktion. Hvis anvendelsen af det pågældende areal til deponi varigt gør arealet ubrugeligt til andre formål, er de fremtidige velfærdsmæssige tab herved ikke nødvendigvis mindre betydningsfulde end de aktuelle. De fremtidige personer vil lide akkurat de samme tab som de nuværende, og de kan intet gøre herved. Det hjælper dem ikke, at de eventuelt i forbrugsmæssig henseende er bedre stillet end de nuværende personer.

Problemstillingen bliver måske endnu tydeligere, hvis der er tale om tab af unikke naturværdier. Dette kan fx være aktuelt i forbindelse med vurderingen af visse råstofudvindingsprojekter - fx grusgravning, hvor et unikt naturområde nedbrydes svarende til fortidens bortgravning af Køge Ås, eller udvinding af granit på Born-

holm, hvor unikke grundfjeldsforekomster ødelægges. Selvom naturværdierne måske først forsvinder efter mange års forløb, er de under alle omstændigheder uoprettelige, og det velfærdsmæssige tab herved er derfor ikke nødvendigvis mindre, blot fordi det sker i fremtiden. Dette ville være konsekvensen, hvis den - bemærk endelige - velfærdsmæssige værdi heraf blev diskonteret. Lumley (1997) har faktisk påvist, at heller ikke befolkningen tilsyneladende altid diskonterer miljøeffekter - selv fattige bønder på Filippinerne søger at bevare deres naturgrundlag intakt, selvom de ellers på grund af deres fattigdom har al mulig grund til at handle mere kortsigtet.

Den alternative velfærdsøkonomiske afkastrate er måske heller ikke altid det eneste relevante sammenligningsgrundlag i forbindelse med velfærdsøkonomisk vurdering af projekter. Hvis fx alternativet til konventionel eller økologisk vegetabilsk landbrugsproduktion er anvendelsen af genmodificerede planter, kan det diskuteres, om det velfærdsøkonomiske afkast herfra kan opgøres på en fyldestgørende måde, og om dette afkast er det velfærdsmæssigt set mest rimelige sammenligningsgrundlag. Problemet er, at anvendelsen af genmodificerede planter, ikke alene er forbundet med risiko/usikkerhed i relation til muligheden for at ødelægge omgivende økosystemer, men den påfører også befolkningen en fundamental utryghed - jf. Møller (2003). I andre tilfælde kan der være tale om aktiviteter, som risikerer at påføre mennesker svære sygdomme. I sådanne tilfælde er det diskutabelt om hensynet til alternativ forrentning er det mest relevante sammenligningsgrundlag. Det er givetvis ikke alle økonomiske aktiviteter, der bør være tilladt i det "hellige afkasts" navn. Der er grænser for, på hvilke måder man må anvende menneskene, miljøet og naturen som midler med henblik på velfærdsskabelse.

Man kan i forlængelse heraf spørge, om det velfærdsmæssigt set er mindre betydningsfuldt, at risikoen for at dø stiger engang i fremtiden frem for i dag. Det er reelt dette, der forudsættes, når man fastsætter beregningspriser for udslippet af drivhusgasser. Den forventede fremtidige stigning i antallet af dødsfald multipliceres med en pris på statistisk liv, og nutidsværdien af denne velfærdsmæssige værdi beregnes herefter ved diskontering, før den indgår i den samlede beregningspris på CO₂. Denne fremgangsmåde forekommer tvivlsom. Hvorfor skulle det fra et samfundsmæssigt synspunkt være mindre betydningsfuldt, at stigningen i dødsrisikoen sker i fremtiden frem for nu - selvom befolkningen i fremtiden forventes at være bedre stillet i forbrugsmæssig henseende?

Hertil kan man på den ene side svare, at der fra et velfærdsmæssigt synspunkt er tale om samme tab, om en person dør i dag eller om 10 år - om det er person A eller person B der dør. Dødsrisikoen kan således opfattes som et grundlæggende levevilkår, som det har samme betydning at ændre, uanset på hvilket tidspunkt dette sker, og uanset hvor højt forbrugsniveauet i øvrigt er. På den anden side diskonterer personer faktisk ændringer i dødsrisikoen - se fx Moore & Viscusi (1990) der har estimeret sådanne diskonteringsrater ud fra lønforskelle mellem risikofyldte og mere sikre beskæftigelser, og Cropper et al. (1992), der har estimeret diskonteringsrater på basis af interviewundersøgelser. Problemstillingen er et godt eksempel på behovet for at skelne mellem, hvad personer faktisk gør, og hvad de bør gøre. Selvom velfærdsøkonomiske vurderinger fundamentalt set hviler på personers faktiske præferencer og valg, er det måske ikke altid, at disse fra et etisk synspunkt bør tages til efterretning. Sådanne deontologiske etiske overvejelser begrænser i en række tilfælde anvendelsen af den velfærdsøkonomiske metodes utilitaristiske vurderingsgrundlag.

Et eksempel på en sådan begrænsning, kan være eksistensen af en såkaldt kritisk naturkapital - jf. Det Økonomiske Råd (1998). Det er ikke helt klart, hvad der skal forstås ved dette begreb, og det er under alle omstændigheder vanskeligt at specificere, hvad denne kapital konkret omfatter. Tanken er, at der er dele af naturgrundlaget for den menneskelige eksistens, som ikke kan erstattes af andre produktionsfaktorer - herunder specielt menneskeskabt kapital. Den kritiske naturkapital er altså strengt nødvendig for at opretholde selv minimale levevilkår, og dens marginale værdi er derfor uendelig høj. Det siger sig selv, at den tidsmæssige placering af indgreb i den kritiske naturkapital og dermed diskontering heraf set i dette lys er irrelevant. Problemet er blot, at det kan være vanskeligt præcist at afgøre, hvilke dele af naturgrundlaget menneskeheden ikke kan leve foruden. Grundtanken er imidlertid, at naturen ikke må bringes i en så fundamental ubalance, at menneskeheden ikke kan dæmme op herfor og dermed undgå at få sit levegrundlag ødelagt - fx fundamental ubalance i det hydrologiske kredsløb eller grundlæggende ødelæggelse af plantesamfundenes bestøvningsmekanismer.

11.5 Opsummering

Der er i de foregående afsnit argumenteret for at diskontere den velfærdsøkonomiske værdi af miljøkonsekvenser på helt samme måde og ved brug af samme diskonteringsrate, som benyttes for økonomiske konsekvenser. Det blev vurderet, at hensynet til projektvurderingens gennemskuelighed og fleksibilitet taler imod at anvende en særlig lav diskonteringsrate for skadelige miljøkonsekvenser, fordi miljøforholdene i fremtiden forventes at være dårligere end nu. Dette hensyn bør i stedet indarbejdes eksplicit i projektvurderingen gennem anvendelsen af stadigt stigende beregningspriser på de relevante miljøkonsekvenser. Det er dog væsentligt at være opmærksom på, at den alternative afkastrate, som indgår i projektvurderingen, bør være en velfærdsøkonomisk afkastrate korrigeret for eventuelle negative miljøeffekter knyttet til den budgetøkonomiske afkastrate. Muligheden for fremtidige miljøkatastrofer eller risikoen for meget ubehagelige miljøkonsekvenser af projektet bør heller ikke indarbejdes i projektvurderingen gennem valg af en særlig lav diskonteringsrate for miljøeffekter. Disse hensyn bør ligeledes vurderes eksplicit ud fra en beskrivelse af projektets mulige udfaldsrum.

Synspunktet er altså, at diskonteringen og diskonteringsraten alene bør afspejle den relative velfærdsmæssige værdi af tidsmæssigt forskelligt placerede velfærdsændringer. Herved reserveres diskonteringen til alene at vurdere tidsprofilen af de forskellige projekters velfærdsmæssige konsekvenser. Det er i overensstemmelse hermed som udgangspunkt kun meningsfyldt at diskontere prissatte miljøkonsekvenser; men under en række betingelser kan miljøkonsekvenser også diskonteres direkte - jf. *afsnit 11.2*.

Selvom der kan argumenteres for at diskontere velfærdsmæssige ændringer af miljøkonsekvenser på helt samme måde som andre velfærdsmæssige ændringer, er der dog en række tilfælde, hvor der kan rejses tvivl om diskontering overhovedet er rimelig og relevant. Problemstillingen behandles mere udførligt i *kapitel 12*; men hovedsynspunktet er, at diskonteringen kun er rimelig, hvis det samlet set har velfærdsmæssig betydning, at en velfærdsændring sker i fremtiden frem for i dag. Der er i dette afsnit peget på en række delvist samhørende tilfælde, hvor det tidsmæssige aspekt ikke nødvendigvis har en sådan betydning.

- Uoprettelige skader, hvor menneskeheden lider et irreversibelt tab, og hvor tabet derfor er det samme, uanset hvilke generationer der lider det.
- Ændringer i miljøkvaliteten, hvis marginale velfærdsmæssige værdi er uafhængig af forbrugsniveauet i øvrigt - dvs. en fremtidig ændring i den pågældende miljøkvalitet tillægges ikke mindre nutidsværdi, blot fordi det generelle forbrugsniveau til den tid forventes at være højere.
- En trussel mod den kritiske naturkapital, der udgør menneskehedens fundamentale levegrundlag, må anses for uacceptabel, uanset hvornår den finder sted.
- Ændringer i miljøkvaliteten, der berører personers eller dyrs rettigheder, er uacceptable, uanset hvornår de finder sted.

Det sidstnævnte tilfælde kan være et eksempel på miljømæssige ændringer, som ganske vist umiddelbart indebærer en velfærdsmæssig gevinst; men hvor der kan rejses spørgsmål, om ændringen er tilladelig. Denne problemstilling griber i virkeligheden ind i den langt videre problematik omkring prissætningen af miljøgoder og bestemmelsen af de etiske grænser herfor. Meget arbejde udestår på dette felt, og der bør i langt højere grad, end det hidtil har været tilfældet, fokuseres herpå fra såvel miljømæssigt som velfærdsøkonomisk hold.

Kapitel 12 Diskontering og nytteetik - hensynet til fremtidige generationer

I den velfærdsøkonomiske Cost Benefit Analyse opgøres ændringen i samfundets velfærd som en vægtet sum af personernes nyter - jf. *kapitel 1*. Når et projekts forskellige positive og negative konsekvenser for udbudet af goder sammenvejes, sker det altså på grundlag af de berørte personers subjektive præferencer, således som disse kommer til udtryk i personernes relative marginale nyter af de forskellige goder. Dette gælder, hvadenten sammenvejningen vedrører konsekvenser, der indtræffer i samme periode, eller den vedrører konsekvenser i forskellige perioder.

I den traditionelle velfærdsøkonomiske CBA får nytteetikken således en udformning, der bygger på to forudsætninger:

- Personerne kender deres egne interesser bedst - dvs. uanset hvor velinformede personerne er, antages deres egne subjektive vurderinger, af hvad der tjener deres nytte bedst, at være det rette grundlag for opgørelsen af samfundets velfærd som summen af personernes nyter.
- De nulevende personers vurdering af, hvor stor vægt der i opgørelsen af samfundets samlede velfærd skal lægges på fremtidige nytteændringer, antages at være det rette grundlag for sammenvejningen af tidsmæssigt forskelligt placerede nytteændringer.

Når det samtidig erindres, at nytteetikken er udformet med henblik på at skabe størst mulig nytte for så mange personer som muligt - nutidige såvel som fremtidige - kan der i høj grad stilles spørgsmål ved disse to antagelser.

Der er mange eksempler på, at personer enten ikke er i stand til at vurdere, hvad der tjener deres egne interesser bedst, eller måske især ikke har den fornødne viljekraft til at efterleve deres egne interesser. Eksemplerne på sundhedsskadelig adfærd er særligt talrige; men inden for mange andre områder kan fornuften i personers økonomiske dispositioner bestemt også betvivles. Da nytteetikken og CBA'en har til hensigt at foreskrive, hvad der bør gøres, er personers faktiske adfærd ikke nødvendigvis altid det rette grundlag for bestemmelsen heraf - jf. skelnen mellem det deskriptive *er* og det normative *bør*?

Når vurderingen vedrører valg over tid skærpes problemet. De enkelte personer har givetvis tidspræferencer, men det er afgjort spørgsmålet, om disse er etisk relevante i en samfundsmæssig sammenhæng. For det første kan der også vedrørende tidsmæssige valg rejses tvivl om personers evner til at foretage og gennemføre rationelle prioriteringer. For det andet - og endnu væsentligere - har tidsmæssige valg ikke altid kun konsekvenser for de nulevende personer selv, men også for fremtidige personer. Formuleringen af det etiske hensyn til disse personer kan formentlig ikke baseres på nulevende personers tidspræferencer.

Denne formodning, der blev berørt i *kapitel 2*, er emnet for dette kapitel. Først sammenfattes forskellige tidligere filosofers og økonomers opfattelser af diskonteringsproblemstillingen. Dernæst opstilles en række argumenter mod diskontering. Endelig skitseres en række løsningsmuligheder, der behandles yderligere i det følgende kapitel.

12.1 Tidligere filosofers og økonomers opfattelser af diskonteringsproblemet

Robinson (1990) sammenfatter en række fremtrædende filosofers og økonomers synspunkter på, om der i en samfundsmæssig sammenhæng overhovedet bør diskonteres. Det viser sig, at der frem til 1930-ernes og 1940-ernes New Welfare Economics var nogenlunde enighed blandt de store tænkere om, at diskontering er etisk uholdbart.

Allerede D. Hume gør i sin "Treatise of Human Nature" fra 1739 opmærksom på, at der kan begås fatale samfundsmæssige fejl ved at lægge vægt på nutiden frem for fremtiden. Menneskene har en naturlig sympati for det tidsmæssigt nære, og det gælder netop om at modvirke de ødelæggende konsekvenser af disse tidspræferencer. Hume tænkte især på opsparings- og investeringsaktiviteten i samfundet, som bliver for lav, hvis den alene baseres på de aktuelle tidspræferencer. Hans tankegang kan udmærket overføres på nutidens ofte for hårdhændede udnyttelse af naturressourcerne.

Nytteetikens grundlægger J. Bentham er i sin "An introduction to the Principles of Morals and Legislation" fra 1789 helt på linie med Hume. Dette gælder også hans utilitaristiske efterfølger J. Stuart Mill, der i "Principles of Political Economy" fra 1848 giver udtryk for, at selvom personer normalt bedst selv kan vurdere, hvad der er i deres interesse, er der to tilfælde, hvor personlige præferencer ikke bør følges. Det ene tilfælde er børn, der bør følge deres forældres vejledning, og det andet tilfælde er personers aktuelle tidspræferencer. Utilitaristen H. Sidgwick når i "The Method of Ethics" fra 1874 frem til, at en utilitarist må anse fremtidige personers interesser for at være lige så vigtige som nutidige personers. Han ville formentlig derfor afvise enhver form for diskontering af nytte.

Økonomerne fra Marshall til Pigou og Ramsey fortsatte med at betragte subjektive tidspræferencer som et dårligt grundlag for udformningen af den offentlige politik. Hvorvidt de fuldt ud tilsluttede sig Sidgwicks intergenerationale utilitarisme uden diskontering af nytte, er dog tvivlsomt. Ramsey anså under alle omstændigheder den faldende marginale nytte af indkomst og forventningen om velstandsstigninger for fremtidige generationer for at være hovedbegrundelsen for diskontering. Det er dette forhold som udtrykkes i forbrugsdiskonteringsraten og Ramsey-reglen - jf. henholdsvis *afsnit 2.1* og *3.3*. Også senere økonomer som Harrod, Dobb og Sen tilsluttede sig grundlæggende dette synspunkt.

Med New Welfare Economics skete der imidlertid et skift i økonomers opfattelse af diskonteringsproblemmstillingen. Interpersonel nyttesammenligning blev anset for umulig, og muligheden for vurdering af indkomstfordelingen blev afvist som emne for økonomiske analyser. I stedet koncentreredes den velfærdsøkonomiske indsats udelukkende om allokeringsproblemmstillingen og opstillingen af kompensationskriterier for potentielle pareto-forbedringer. Kompensationskriterierne baseres alene på personers ordinale præferencer, og disse anses også for det eneste grundlag for samfundsmæssige valg over tid. New Welfare Economics er således i relation til diskonteringsproblemmstillingen bygget op omkring to grundlæggende principper:

- Personer ved bedst, hvad der er i deres egen interesse, og subjektive tidspræferencer er et tilstrækkeligt grundlag for udformningen af den offentlige investeringspolitik. Dette tilsiger demokratiske principper.
- Kun nulevende personers præferencer er relevante for udformningen af den offentlige politik. Disse personers subjektive tidspræferencer er derfor et gyldigt grundlag for investeringer, der påvirker fremtidige generationer.

Disse principper er blevet kraftigt kritiseret fra filosofisk hold. Det fremføres, at tilfredsstillelse af individuelle præferencer bestemt ikke nødvendigvis er det samme som at fremme objektive individuelle interesser. Denne kritik gælder, som omtalt både valg mellem goder inden for samme periode og valg mellem goder i forskellige perioder. Selvom man tilslutter sig liberalistiske principper, hvor personernes egeninteresser er i centrum, indebærer dette altså ikke, at regeringen skal foretage samme valg, som nulevende personer selv ville have foretaget - og da slet ikke når det gælder varetagelsen af fremtidige personers interesser. Regeringen skal tværtimod varetage alle personers objektive interesser.

Henvisningen til, at demokratiske principper tilsiger, at de nulevende personers præferencer følges, er også udtryk for en misforståelse. Demokrati er en måde at organisere samfundet på, og denne organisationsform forudsætter ikke, at personers præferencer og dermed flertalsbeslutninger er ufejlbarlige.

Endelig er der ingen grund til at formode, at nulevende personers tidspræferencer udgør et rimeligt grundlag for fordeling af nytte mellem generationer. Der kan næppe med et samfundsmæssigt udgangspunkt argumenteres for, at fremtidige personers nytte skulle være stadig mindre vigtig, jo længere ude i fremtiden den opnås. Til gengæld fører det utilitaristiske princip om maksimering af den ikke-diskonterede sum af nytte heller ikke til en rimelig fordeling af velfærden over tid. Den rette måde at løse diskonteringsproblemmet på er derfor i følge flere filosoffer direkte at undersøge, hvilke forpligtelser nulevende personer har over for fremtidige og på dette grundlag udforme et egentligt retfærdighedsprincip for fordeling mellem generationer. En række forsøg på at opstille et sådant princip diskuteres i Arrhenius (2000). I det følgende afsnit skal der gøre rede for en række filosofiske argumenter, som tilbageviser økonomernes begrundelser for at diskontere.

12.2 Argumenter mod diskontering

I Ryberg (1994) tilbagevises punkt for punkt en række af de velfærdsøkonomiske argumenter for at diskontere fremtidige personers interesser eller nytter. Ryberg afviser, som det fremgår af det følgende, ikke at dis-

kontering af interesser i nogle tilfælde kan være relevant, men en generel diskontering kan ikke begrundes. De tilbageviste argumenter er:

- Alternativafkastargumentet
- Tidspræferenceargumentet
- Usikkerheds- og sandsynlighedsargumenter
- De fremtidige personers højere velstand.

Alternativafkastargumentet forudsætter for at være rationelt, at der samlet set bliver skabt mere velfærd ved at investere nu frem for at vente; men er dette altid korrekt? Ryberg besvarer spørgsmålet ved at skelne mellem *økonomiske værdier* og *etiske værdier*, og alternativafkastargumentet gælder i følge ham kun de førstnævnte.

Det er karakteristisk for de økonomiske værdier, at tiden har betydning for, hvor mange af dem man kan erhverve. Ved at anvende samfundets knappe produktionsfaktorer på produktionen af fast realkapital frem for forbrugsgoder - i østrigsk kapitalteori tales der om "omvejsproduktion" - er det muligt på en senere tidspunkt ved brug af den forøgede mængde af produktionsfaktorer at producere flere forbrugsgoder, end man oprindeligt kunne. For rationelt at afstå fra økonomiske værdier nu, skal man altså herved kunne opnå en forøget mængde i fremtiden, der mindst svarer til, hvad der kan opnås gennem omvejsproduktionen.

Denne argumentation holder ikke for etiske værdier hævder Ryberg. Som eksempel omtaler han et ekstremt tilfælde, hvor der kun findes en given mængde af en helt unik og ikke-reproducerbar medicin, som kan helbrede en sjælden dødelig sygdom. Medicinen kan enten benyttes til at helbrede person A, der er ramt af sygdommen nu, eller en ikke-nulevende person B, som forventes af blive ramt af sygdommen om adskillige år. Både A og B har en klar interesse i at blive helbredt, og fra et etisk synspunkt er det lige så værdifuldt at helbrede den ene person som den anden. Da der samtidig ikke ved at udskyde brugen af medicinen kan opnås nogen gevinst i form af mere medicin i fremtiden, der kan helbrede flere mennesker, er der altså intet grundlag for at diskontere B's interesser i forhold til A's. Det økonomiske alternativafkastargument er irrelevant i dette tilfælde.

Heinzerling (1999) afviser faktisk også, at argumentet er relevant, selvom en udskydelse af medicinens anvendelse vil gøre det muligt at helbrede flere personer i fremtiden. Hvornår skal man så overhovedet helbrede nogen, når en udskydelse hele tiden vil gøre det muligt at helbrede endnu flere, spørger hun.

Det kan endelig til disse argumenter føjes, at der ikke synes at være belæg for i etisk henseende netop at være indifferent mellem helbredelsen af én person i dag og ti personer om 10 år, blot fordi udskydelsen af helbredelsen giver mulighed herfor. Hvorfor skulle det ikke være bedre at helbrede ti personer frem for én person. Reelt kan denne problemstilling samt Rybergs og Heinzerlings problemstillinger kun løses ved direkte at besvare det grundlæggende intergenerationelle fordelingspørgsmål. Dette kræver imidlertid, at der kan opstilles et kriterium for retfærdig fordeling af nytte.

Sammenfattende må det erkendes, at alternativafkastargumentet ikke kan benyttes som begrundelse for generel diskontering af personers interesser. Det kommer i høj grad an på, hvilken karakter konsekvenserne for personerne har, om det er relevant at diskontere disse. Dette må dog ikke opfattes, som en afvisning af alternativafkastets relevans for beslutningen om, hvad der skal gøres. Det er bestemt, når man vurderer, om man skal helbrede én person i dag, relevant at inddrage alle konsekvenser heraf i beslutningen - herunder at man herved måske fortaber muligheden for at helbrede ti personer om ti år.

Ryberg afviser også *tidspræferenceargumentet*. Selvom det måske kan være individuelt rationelt at have tidspræferencer, er dette ikke nødvendigvis rationelt på samfundsniveau - i hvert fald ikke, hvis rationaliteten vurderes i forhold til maksimering af summen af nytte. Et sådant rationalitetskriterium er imidlertid også i sig selv diskutabelt. Ryberg afviser i det hele taget, at tidsaspektet er etisk relevant, idet han finder det svært at forsvare, at fremtidige værdier alt andet lige skulle være mindre værdifulde end nutidige.

Der kan fremføres en række *usikkerheds- og sandsynlighedsargumenter* for, at dette skulle være tilfældet; men Ryberg afviser også disse. Det er ganske vist vanskeligt at vide noget om fremtidige personers præferencer og afvejning af forskellige værdier; men denne usikkerhed kan på ingen måde begrunde diskontering

af disse personers interesser. Der er tale om et reelt beslutningsteoretisk problem, som kræver helt andre løsninger end diskontering.

Det er sikkert også i visse tilfælde mere sandsynligt at nulevende personer får glæde af en værdi eller et gode, end at fremtidige personer gør det. Dette kan dog heller ikke begrunde diskontering, idet nutidige og fremtidige goder netop alt andet lige tillægges samme værdi for at kunne beregne den forventede værdiskabelse. Risikoproblemstillingen bør behandles uafhængigt af diskonteringen - jf. omtalen af miljørisici i *kapitel 11*. Som en mulig undtagelse fra dette synspunkt nævner Ryberg dog muligheden for, at der i fremtiden slet ikke eksisterer personer. Dette kunne muligvis, mener han, tale for at diskontere fremtidige værdier, men i så fald kun yderst marginalt, da der næppe er belæg for seriøst at forestille sig fraværet af fremtidige personer. Spørgsmålet er imidlertid om ikke også muligheden for en verden uden personer bedst behandles uafhængigt af diskonteringen.

Endvidere kan man som begrundelse for diskontering hævde, at man i fremtiden sandsynligvis vil have lettere ved at skabe en bestemt værdi. I eksemplet med den unikke medicin, kunne det således tale for at helbrede person A, at der i fremtiden muligvis opstår andre behandlingsformer, som kan komme B til gode. Ryberg afviser ikke synspunktet, men tvivler på at det kan benyttes som begrundelse på traditionel diskontering. For ikke blot at være udtryk for ureflekteret optimisme forudsætter synspunktet, at der er et vist belæg for, at man faktisk i fremtiden vil have lettere ved at frembringe den pågældende værdi

Det sidstnævnte argument hænger i nogen grad sammen med, at *fremtidige personers højere velstand* kan begrunde diskontering. Ryberg afviser ikke direkte argumentet, men mener ikke, at det kan begrunde generel diskontering. For det første er nemlig slet ikke sikkert, at en eventuel fremtidig velstandsförøgelse overhovedet er relevant for det betragtede problem. Dette forudsætter, at velstand kan substituere alt andet, og dette kan bestemt betvivles - jf. *afsnit 11.4*. I Rybergs medicineksempel er det generelle velstandsniveau således irrelevant for beslutningen om A eller B skal helbredes. Noget tilsvarende må som omtalt siges også at gælde en række unikke miljøgoder - jf. *afsnit 3.3*.

For at begrunde diskontering skal den forventede velstandsstigning også være uafhængig af den konkret overvejede aktivitet. Hvis beslutningen om at gennemføre denne, har konsekvenser for den velstandsstigning, som begrunder diskonteringen, hænger beslutningsgrundlaget ikke sammen.

Endelig kan det som begrundelse for diskontering fremføres, at fremtidige personer trods alt har flere personer til at varetage deres interesser end nulevende personer - nemlig alle de nulevende og deres efterkommere frem til tidspunktet for de fremtidige personers fødsel. Nulevende personer skulle altså af denne grund være mindre forpligtede over for fremtidige personer. Argumentet synes dog ikke at være helt uproblematisk. Vores forpligtelser over for en anden person er ikke nødvendigvis mindre, blot fordi en række andre personer også kan hjælpe vedkommende. Dette forudsætter i hvert fald, at de andre faktisk hjælper. På tilsvarende vis reduceres nulevende personers forpligtelser over for fremtidige personer derfor kun, hvis man kan være sikker på, at også vore efterkommere yder deres bidrag. Om dette så kan begrunde diskontering, er dog fortsat diskutabelt.

Sammenfattende må det erkendes, at argumenterne for diskontering i høj grad er diskutabelt. Det tidsmæssige aspekt i forbindelse med projektvurdering bør derfor gribes betydeligt mere nuanceret an, end det normalt sker. En måde, hvorpå dette kan gøres, er den såkaldte *hyperbolske diskontering*, som omtales i det følgende kapitel. Denne fremgangsmåde er imidlertid også forbundet med en række svagheder. Vurdering over tid forudsætter under alle omstændigheder, at mulighederne for alternativ velfærdsskabelse indarbejdes på systematisk vis i projektvurderingen; men samtidig kræver vurderingen tilsyneladende, at der udformes et egentligt kriterium for retfærdig fordeling af nytte mellem nulevende og fremtidige personer.

Kapitel 13 Hyperbolsk diskontering

I *afsnit 9.3* blev det omtalt, at såkaldt hyperbolsk diskontering ofte giver en mere adækvat beskrivelse af personers valg over tid. Denne form for diskontering er karakteriseret ved, at diskonteringsraten er faldende over tid, således at diskonteringsfaktoren på et fremtidigt tidspunkt bliver større end ved traditionel eksponentiel diskontering. Den vægt, fremtidige forbrugsændringer tillægges, bliver altså på et tidspunkt større ved hyperbolsk diskontering end ved traditionel diskontering. Hvornår dette tidspunkt indtræffer afhænger af formen på den valgte diskonteringsfaktorfunktion, størrelsen på de heri indgående parametre, samt af hvilken konkret konstant diskonteringsrate der benyttes i den traditionelle diskonteringsfaktorfunktion.

Hyperbolsk diskontering er altså en samlebetegnelse for en hel række diskonteringsfaktorfunktioner, der alle har den egenskab, at den implicitte diskonteringsrate er faldende over tid. Som eksempler på sådanne hyperbolske diskonteringsfaktorfunktioner $A(t)$ kan nævnes:

- Simpel hyperbolsk diskontering $A(t) = \frac{1}{(1+k \cdot t)}$
- Relativ værdi diskontering $A(t) = \frac{1}{t^k}$
- Logaritmisk diskontering $A(t) = e^{-k \cdot \ln t}$ eller $A(t) = (1+k)^{-\ln t}$
- Gamma-diskontering $A(t) = \frac{\beta^\alpha}{(\beta+t)^\alpha} = \frac{1}{\left(1+t \cdot \frac{\sigma^2}{\mu}\right)^{\frac{\mu^2}{\sigma^2}}}$

I de tre førstnævnte formler står k for ”den hyperbolske diskonteringsrate”, som altså ikke må forveksles med diskonteringsraten ved traditionel diskontering. I formlen for Gamma-diskontering er α og β parametre, som afhænger af den antagede gennemsnitlige diskonteringsrate μ og standardafvigelsen herpå σ .

De forskellige hyperbolske diskonteringsfaktorfunktioner skal alle ses i modsætning til traditionel diskontering, hvor $A(t) = e^{-\rho \cdot t}$ eller $A(t) = (1+i)^{-t}$. I *afsnit 13.4* illustreres eksempler på de forskellige funktioners form.

I dette kapitel gøres der rede for forskellige begrundelser for hyperbolsk diskontering. De tager alle til en vis grad udgangspunkt i en karakteristik af de individuelle tidspræferencer. Det er derfor tvivlsomt om hyperbolsk diskontering er relevant i en samfundsmæssig sammenhæng, hvor etiske overvejelser vedrørende retfærdighed mellem generationer i høj grad gør sig gældende - jf. *kapitel 2* og *12*. Denne diskonteringsform imødekommer imidlertid ønsket om i en samfundsmæssig sammenhæng at tillægge langsigtede nytte- eller forbrugsændringer større vægt end den, der bliver resultatet af traditionel diskontering. Det meget lange sigt vil dog fortsat få en lille vægt. Hensynet til det meget lange sigt kræver reelt, at diskonteringsprincippet suppleres med et bæredygtighedsprincip, dvs. et princip for retfærdig fordeling af nytte mellem generationer.

Kapitlet er disponeret på følgende måde:

- Individuelle tidspræferencer og simpel hyperbolsk diskontering
- Weber-Fechners lov og logaritmisk diskontering
- Weitzmans pragmatiske begrundelse for Gamma-diskontering
- Regneeksempler med hyperbolsk diskontering
- Problemerne ved ikke-konstant diskontering.

13.1 Individuelle tidspræferencer og simpel hyperbolsk diskontering

Cropper et al. (1992) begrundet simpel hyperbolsk diskontering med resultaterne fra en interviewundersøgelse vedrørende personers præferencer over for at redde liv på forskellige tidspunkter. I alt 3.200 personer blev bedt om at vælge mellem to offentlige programmer, hvor det ene fører til, at 100 personers liv bliver reddet nu, og det andet indebærer, at 200 personers liv spares engang i fremtiden. Det fremtidige tidspunkt blev varieret i undersøgelsen, således at det for nogle af de adspurgte blev fastsat til 10 år, for andre til 25 år, for endnu en andel til 50 år, og endelig for den sidste andel til 100 år.

Da de to offentlige programmer antages at koste det samme, kan de afgivne svar - dvs. valget af hhv. det ene eller det andet program - fortolkes som implicite udtryk for individuelle tidspræferencer. Det viste sig, at sparede liv 5 år fremme i tiden blev diskonteret med 16,8 pct., liv om 10 år med 11,2 pct., liv om 25 år med 7,4 pct., liv om 50 år med 4,8 pct., og endelig blev reddede liv om 100 år diskonteret med 3,8 pct. Henderson & Bateman (1995) har på dette grundlag estimeret en *simpel hyperbolsk diskonteringsfaktorfunktion*

$$A(t) = \frac{1}{(1+k \cdot t)}$$

hvor den hyperbolske diskonteringsrate $k = 0,21$. Cropper et al. forsøgte selv ud fra de givne data at estimere *relativ værdi diskonteringsfaktorfunktionen* $A(t) = \frac{1}{t^k}$; men estimationsresultaterne er ikke nær så gode for denne funktion som for den simple hyperbolske diskonteringsfaktorfunktion.

Cropper et al.'s undersøgelse viser, at personer har stærkt nutidsorienterede præferencer for at spare liv, og at nutidsorienteringen vokset med en stadigt kortere tidshorisont. Det er imidlertid tvivlsomt om disse præferencer og dermed den estimerede hyperbolske diskonteringsfaktorfunktion er relevante i en samfundsmæssig sammenhæng. Hvorfor skulle et sparet (statistisk liv) liv i dag tillægges større velfærdsmæssig værdi end et fremtidigt liv? Den eneste etisk forsvarlige begrundelse for at diskontere reddede liv synes trods alt at være, at teknologiske fremskridt øger sandsynligheden herfor - dvs. at man ved anvendelsen af de samme ressourcer vil kunne redde flere liv i fremtiden end i dag.

13.2 Weber-Fechners lov og logaritmisk diskontering

I Heal (1998) anføres, at logaritmisk diskontering kan begrundes med udgangspunkt i den såkaldte Weber-Fechners lov. I følge denne er ændringen i en persons respons dr ved en ændring i den stimulus ds , som personen udsættes for, omvendt proportional med størrelsen af den stimulus, personen i forvejen er udsat for. Dvs.

$$\frac{dr}{ds} = \frac{k}{s} \Rightarrow r = \ln s$$

Loven udtrykker noget karakteristisk ved menneskers måde at reagere på. Hvis fx en person fra at være i en situation, hvor der næsten ingen støj er omkring ham, udsættes for en bestemt stigning i støjniveauet, vil han reagere voldsommere herpå, end hvis han udsættes for den samme stigning i støjniveauet, i en situation hvor han i forvejen er udsat for støj.

Heals pointe er, at noget tilsvarende tilsyneladende gør sig gældende i forbindelse med personers reaktioner på ændringer i nyttekonsekvensers tidsmæssige placering. En person oplever det således tilsyneladende som en langt større ændring (stimulus) hvis en given nyttestigning udsættes fra år 1 til år 2, end hvis den udsættes fra år 30 til år 31. Dette viser sig (respons) som et væsentligt større fald i diskonteringsfaktoren $A(t)$ fra år 1 til år 2 end fra år 30 til år 31 - dvs. diskonteringsraten $d(t)$ er faldende over tid. Personens reaktion forekommer helt naturlig, når det betænkes, at udsættelsen fra år 1 til år 2 repræsenterer en *relativt* langt større udsættelse end fra år 30 til år 31. Det grundlæggende fundament for Weber-Fechners lov er netop, at personer i højere grad reagerer på ændringers relative størrelse end på deres absolutte.

Antages Weber-Fechners lov at gælde for personers valg over tid, har man altså at diskonteringsraten $d(t)$ kan opskrives som en funktion af tiden

$$d(t) = -\frac{k}{t}$$

Diskonteringsraten $d(t)$ er defineret som den procentvise ændring i diskonteringsfaktoren $A(t)$. Derfor gælder det

$$d(t) = -\frac{\frac{dA(t)}{dt}}{A(t)} = -\frac{k}{t} \Rightarrow A(t) = e^{-k \cdot \ln t} \quad \text{thi} \quad \frac{dA(t)}{dt} = e^{-k \cdot \ln t} \cdot \left(-k \cdot \frac{1}{t}\right)$$

Hvis konstanten k sættes lig med rentestyren ρ fås den *logaritmiske diskonteringsfaktor* $A(t) = e^{-\rho \cdot \ln t} = t^{-\rho}$.

I forhold til traditionel diskontering, hvor diskonteringsraten $d(t) = \bar{d}$ er konstant, ses det, at $d(t) \rightarrow 0$ for $t \rightarrow \infty$ ved logaritmisk diskontering.

Når Heal begrunder eller fortolker hyperbolsk diskontering med udgangspunkt i Weber-Fechners lov, begrunder han implicit observerede individuelle tidspræferencer - jf. afsnit 9.3 og 13.1. Der kan derfor rejses fuldstændig de samme indvendinger mod logaritmisk diskontering som mod simpel hyperbolsk diskontering - jf. afsnit 13.1.

13.3 Weitzmans pragmatiske begrundelse for Gamma-diskontering

Weitzman (2001) opbygger en særdeles pragmatisk begrundelse for at anvende hyperbolsk diskontering i forbindelse med velfærdsøkonomiske cost benefit analyser. Hans udgangspunkt er, at selv blandt de fremmeste økonomer i verden er der meget stor uenighed om, hvilken diskonteringsrate der bør benyttes i sådanne analyser. Økonomerne har dog det til fælles - antager Weitzman - at de alle tænker i traditionel eksponentiel diskontering med en konstant diskonteringsrate.

Ud fra denne antagelse har Weitzman spurgt ca. 2.800 førende økonomer, om hvilken diskonteringsrate de mener, at det er mest korrekt at anvende. De skulle ikke begrunde deres valg eller gøre rede for, om deres foretrukne diskonteringsrate er udtryk for en individuel eller samfundsmæssig tidspræferencerate eller for en alternativ afkastrate. Weitzman fik 2.160 svar, og det viste sig, at de angivne diskonteringsrater i udstrakt grad var fordelt i overensstemmelse med en tæthedsfunktion $f(\rho)$ på Gamma-form.

$$f(\rho) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \cdot \rho^{\alpha-1} \cdot e^{-\beta \cdot \rho}$$

hvor Gamma-funktionen $\Gamma(\alpha)$ er defineret som

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty \rho^{\alpha-1} \cdot e^{-\rho} \cdot d\rho$$

Herefter kan den *effektive diskonteringsfaktor* $A_{eff}(t)$ opskrives som et med tæthedsfunktionen vægtet integrale af den traditionelle diskonteringsfaktor $A(t)$ - dvs. $A_{eff}(t)$ beregnes som et med sandsynligheder vægtet gennemsnit af de angivne $A(t)$.

$$A_{eff}(t) = \int_0^{\infty} e^{-\rho \cdot t} \cdot f(\rho) \cdot d\rho = \int_0^{\infty} e^{-\rho \cdot t} \cdot \frac{\beta^\alpha}{(\alpha)} \cdot \rho^{\alpha-1} \cdot e^{-\beta \cdot \rho} \cdot d\rho = \frac{\beta^\alpha}{(\alpha)} \cdot \int_0^{\infty} \rho^{\alpha-1} \cdot e^{-\rho \cdot (\beta+t)} \cdot d\rho$$

Nu gælder det, at hvis $h = \rho \cdot (\beta + t) \Rightarrow \rho = \frac{h}{(\beta + t)} \Rightarrow d\rho = \frac{dh}{(\beta + t)}$ så er

$$\int_0^{\infty} \rho^{\alpha-1} \cdot e^{-\rho \cdot (\beta+t)} \cdot d\rho = \int_0^{\infty} \left(\frac{h}{\beta+t}\right)^{\alpha-1} \cdot e^{-h} \cdot \frac{dh}{(\beta+t)} = \frac{1}{(\beta+t)^\alpha} \cdot \int_0^{\infty} h^{\alpha-1} \cdot e^{-h} \cdot dh = \frac{1}{(\beta+t)^\alpha} \cdot \overline{(\alpha)}$$

Herefter fås

$$A_{eff}(t) = \frac{\beta^\alpha}{(\alpha)} \cdot \frac{1}{(\beta+t)^\alpha} \cdot \overline{(\alpha)} = \frac{\beta^\alpha}{(\beta+t)^\alpha}$$

Den effektive diskonteringsfaktor $A_{eff}(t)$'s udvikling over tid kan altså formuleres som en funktion af de to parametre i den opstillede tæthedsfunktion $f(\rho)$ for diskonteringsraten ρ . Disse to parametre er selvsagt bestemmende for tæthedsfunktionens gennemsnit μ og varians σ^2 . Da disse har økonomisk mening som hhv. gennemsnitlig diskonteringsrate og denne rates varians, vælger Weitzman at omskrive den udledte diskonteringsfunktion ved hjælp af disse. Det gælder

$$\mu = \int_0^{\infty} \rho \cdot f(\rho) \cdot d\rho = \int_0^{\infty} \rho \cdot \frac{\beta^\alpha}{(\alpha)} \cdot \rho^{\alpha-1} \cdot e^{-\beta \cdot \rho} \cdot d\rho = \frac{\beta^\alpha}{(\alpha)} \cdot \int_0^{\infty} \rho^\alpha \cdot e^{-\rho \cdot \beta} \cdot d\rho$$

Hvis herefter $h = \rho \cdot \beta \Rightarrow \rho = \frac{h}{\beta} \Rightarrow d\rho = \frac{dh}{\beta}$ fås

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{\beta^\alpha}{(\alpha)} \cdot \int_0^{\infty} \rho^\alpha \cdot e^{-\rho \cdot \beta} \cdot d\rho = \frac{\beta^\alpha}{(\alpha)} \cdot \int_0^{\infty} \left(\frac{h}{\beta}\right)^\alpha \cdot e^{-h} \cdot \frac{dh}{\beta} = \frac{\beta^\alpha}{(\alpha)} \cdot \frac{1}{\beta^{\alpha+1}} \int_0^{\infty} h^\alpha \cdot e^{-h} \cdot dh \\ &= \frac{1}{\beta \cdot \overline{(\alpha)}} \cdot \overline{(\alpha+1)} \end{aligned}$$

Nu gælder ved anvendelse af reglen for delvis integration $\int f(x) \cdot g'(x) = f(x) \cdot g(x) - \int f'(x) \cdot g(x)$ at

$$\overline{(\alpha+1)} = \int_0^{\infty} h^\alpha \cdot e^{-h} \cdot dh = -\left[h^\alpha \cdot e^{-h}\right]_0^{\infty} + \int_0^{\infty} \alpha \cdot h^{\alpha-1} \cdot e^{-h} \cdot dh = \alpha \cdot \overline{(\alpha)}$$

hvorefter endelig fås

$$\mu = \frac{1}{\beta \cdot \overline{(\alpha)}} \cdot \overline{(\alpha+1)} = \frac{1}{\beta \cdot \overline{(\alpha)}} \cdot \alpha \cdot \overline{(\alpha)} = \frac{\alpha}{\beta}$$

Variansen σ^2 beregnes som

$$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (\rho - \mu)^2 \cdot f(\rho) \cdot d\rho = \int_0^{\infty} \rho^2 \cdot f(\rho) \cdot d\rho - \int_0^{\infty} 2 \cdot \rho \cdot \mu \cdot f(\rho) \cdot d\rho + \mu^2 \cdot \int_0^{\infty} f(\rho) \cdot d\rho$$

Hvis igen $h = \rho \cdot \beta \Rightarrow \rho = \frac{h}{\beta} \Rightarrow d\rho = \frac{dh}{\beta}$ fås

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \cdot \frac{1}{\beta^{\alpha+2}} \cdot \int_0^{\infty} h^{\alpha+1} \cdot e^{-h} \cdot dh - 2 \cdot \mu^2 + \mu^2 = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \cdot \frac{1}{\beta^2} \cdot \Gamma(\alpha+2) - \mu^2 \\ &= \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \cdot \frac{1}{\beta^2} \cdot \alpha \cdot (\alpha+1) \cdot \Gamma(\alpha) - \mu^2 = \frac{\alpha^2}{\beta^2} + \frac{\alpha}{\beta^2} - \frac{\alpha^2}{\beta^2} = \frac{\alpha}{\beta^2} \end{aligned}$$

Når middelværdien $\mu = \frac{\alpha}{\beta} \Rightarrow \alpha = \mu \cdot \beta$ og variansen $\sigma^2 = \frac{\alpha}{\beta^2}$ fås $\sigma^2 = \frac{\mu \cdot \beta}{\beta^2} \Rightarrow \beta = \frac{\mu}{\sigma^2}$

og dermed $\alpha = \frac{\mu^2}{\sigma^2}$. Herefter kan den effektive diskonteringsfunktion omformuleres til

$$A_{eff}(t) = \frac{\beta^\alpha}{(\beta+t)^\alpha} = \frac{1}{(\beta+t)^\alpha} = \frac{1}{\left(1 + \frac{t}{\beta}\right)^\alpha} = \frac{1}{\left(1 + t \cdot \frac{\sigma^2}{\mu}\right)^{\frac{\mu^2}{\sigma^2}}}$$

Endelig kan den effektive diskonteringsrate $\rho_{eff}(t)$ på ethvert tidspunkt beregnes som

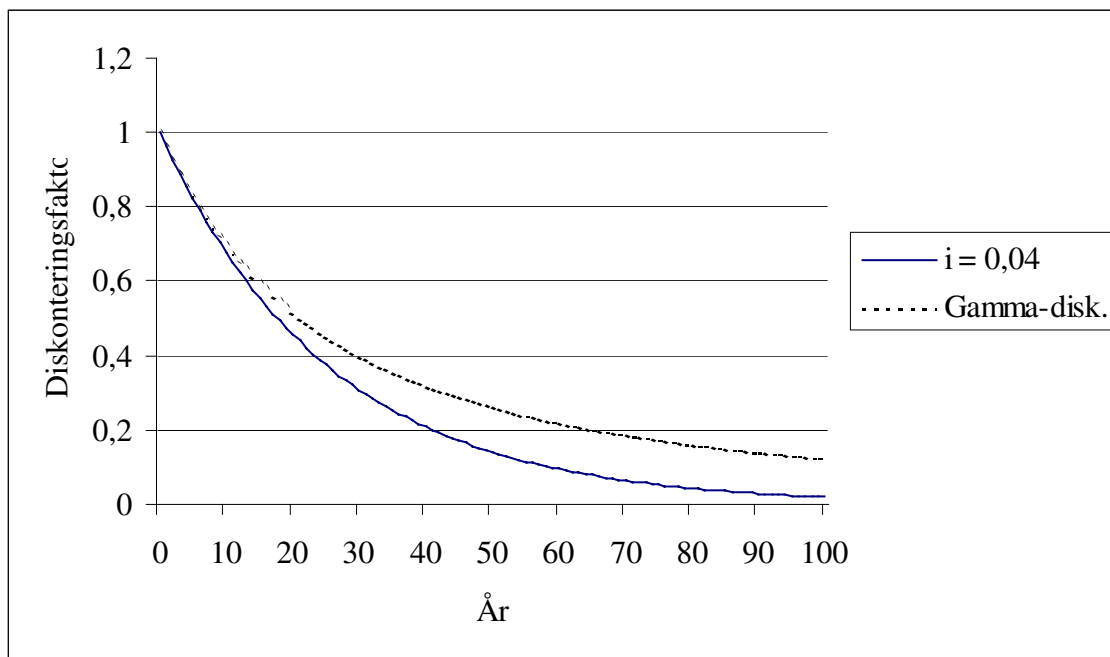
$$\rho_{eff}(t) = -\frac{\dot{A}_{eff}(t)}{A_{eff}(t)} = -\frac{-\frac{\mu^2}{\sigma^2} \cdot \left(1 + t \cdot \frac{\sigma^2}{\mu}\right)^{\frac{\mu^2}{\sigma^2}-1}}{\left(1 + t \cdot \frac{\sigma^2}{\mu}\right)^{\frac{\mu^2}{\sigma^2}}} \cdot \frac{\sigma^2}{\mu} \cdot \left(1 + t \cdot \frac{\sigma^2}{\mu}\right)^{\frac{\mu^2}{\sigma^2}} = \frac{\mu}{\left(1 + t \cdot \frac{\sigma^2}{\mu}\right)}$$

Det ses, at diskonteringsraten ligesom ved den logaritmiske diskontering er faldende over tid, og at $\rho_{eff}(t) \rightarrow 0$ for $t \rightarrow \infty$.

Ud fra de indhentede svar fra førende økonomer estimerer Weitzman den gennemsnitlige diskonteringsrate μ til 4 pct. og standardafvigelsen herpå σ til 3 pct. Den effektive diskonteringsfunktion bliver altså i følge Weitzmans analyse

$$A_{eff}(t) = \frac{1}{\left(1 + t \cdot \frac{\sigma^2}{\mu}\right)^{\frac{\mu^2}{\sigma^2}}} = \frac{1}{\left(1 + t \cdot \frac{0,03^2}{0,04}\right)^{\frac{0,04^2}{0,03^2}}} = \frac{1}{(1 + 0,0225 \cdot t)^{1,778}}$$

Denne funktion er afbildet i *figur 13.1*, hvor der til sammenligning også er vist diskonteringsfunktionen for en konstant diskonteringsrate på 4 pct. Det ses, at diskonteringsfaktoren falder hurtigere over tid i dette tilfælde end med Gamma-diskonteringens faldende diskonteringsrate.



Figur 13.1 Diskonteringsfaktorer ved Weitzmans Gamma-diskonteringsfunktion og ved traditionel diskontering med en konstant diskonteringsrate

Weitzman beregner også, hvilke diskonteringsrater der bør benyttes i forskellige tidsintervaller, hvis der diskonteres i overensstemmelse med den udledte Gamma-diskonteringsfunktion. Disse rater er sammenfattet i *tabel 13.1*.

Tabel 13.1 Periodeafhængige diskonteringsrater baseret på Weitzmans Gamma-diskonteringsfunktion

År	Periodebetegnelse	Diskonteringsrate
1 - 5	<i>Umiddelbare fremtid</i>	4 pct.
6 - 25	<i>Nær fremtid</i>	3 pct.
26 - 75	<i>Mellemlangt sigt</i>	2 pct.
76 - 300	<i>Fjern fremtid</i>	1 pct.
300 -	<i>Meget fjern fremtid</i>	0 pct.

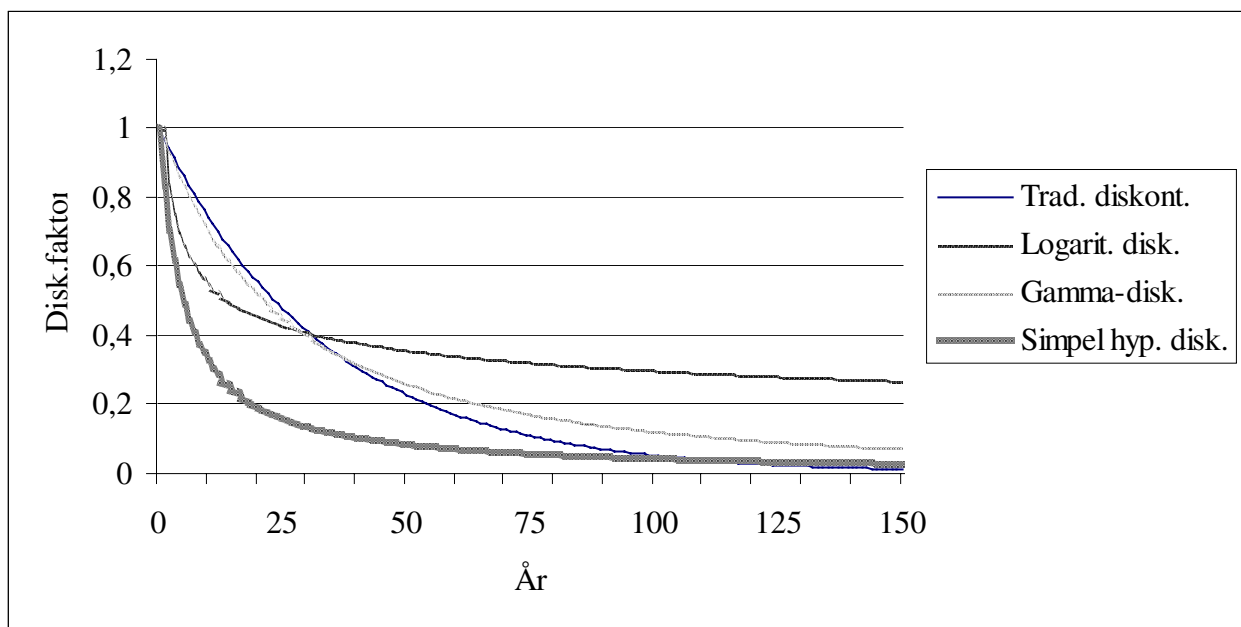
Weitzman leverer altså en begrundelse for at anvende en faldende diskonteringsrate over tid. Begrundelsen er ikke som i tilfældet med simpel hyperbolsk og logaritmisk diskontering baseret på individuelle tidspræferencer, men på højt kvalificerede økonomers vurderinger. Weitzmans anvendelse af disse efterlader imidlertid et indtryk af en temmelig besynderlig begrundelse for at bruge hyperbolsk diskontering - nemlig at økonomerne er uenige, og at deres bud på en konstant diskonteringsrate viser sig at være fordelt i overensstemmelse med en funktion på Gamma-form. Da økonomerne formentlig har vidt forskellige begrundelser for deres respektive bud, er det også vanskeligt at fortolke den udledte diskonteringsfunktion. Udtrykker den individuelle eller samfundsmæssige tidspræferencer - eller måske noget helt tredje?

13.4 Regneeksempler med hyperbolsk diskontering

Hyperbolsk diskontering med faldende diskonteringsrate er en måde at tillægge langsigtede konsekvenser større vægt i nutidsværdiberegningen, end det sker ved traditionel diskontering med en konstant diskonteringsrate. For at illustrere betydningen af den hyperbolske diskontering, er i *figur 13.2* vist udviklingen i dis-

konteringsfaktorens værdi over tid for hhv. traditionel diskontering med en konstant diskonteringsrate, simpel hyperbolsk diskontering, logaritmisk diskontering og Gamma-diskontering. De valgte funktioner er

- Traditionel diskontering $A(t) = (1+i)^{-t} = (1+0,03)^{-t}$
- Simpel hyperbolsk diskontering $A(t) = \frac{1}{(1+k \cdot t)} = \frac{1}{(1+0,21 \cdot t)}$ - jf. afsnit 13.1
- Logaritmisk diskontering $A(t) = (1+k)^{-\ln t} = (1+0,3)^{-\ln t}$ - $k = 0,3$ er tilfældigt valgt
- Gamma-diskontering $A_{eff}(t) = \frac{1}{\left(1+t \cdot \frac{\sigma^2}{\mu}\right)^{\frac{\mu^2}{\sigma^2}}} = \frac{1}{(1+0,0225 \cdot t)^{1,778}}$ - jf. afsnit 13.3



Figur 13.2 Diskonteringsfaktorens udvikling over tid ved hhv. traditionel, simpel hyperbolsk, logaritmisk og Gamma-diskontering

Det ses, at den traditionelle diskontering i dette tilfælde indebærer det langsomste fald i diskonteringsfaktorens størrelse frem til år 30. I dette år er diskonteringsfaktoren reduceret til 0,41. Efter år 30 er diskonteringsfaktoren ved logaritmisk diskontering størst. Værdien for den antagne Gamma-diskonteringsfunktion bliver først større end den traditionelle diskonteringsfaktor i år 35, og man skal helt frem til år 107, før diskonteringsfaktoren ved simpel hyperbolsk diskontering bliver større end den traditionelle diskonteringsfaktor.

Disse resultater afspejler selvfølgelig de antagne parameterverdier, og det relative forhold mellem diskonteringsfaktorenes størrelse ændres selvfølgelig ved ændringer i disse værdier. Det kan dog konkluderes, at hyperbolsk diskontering i de fleste tilfælde på et fremtidigt tidspunkt vil føre til større diskonteringsfaktorer end traditionel diskontering. Hvornår dette sker afhænger af parameterverdierne.

For yderligere at illustrere den hyperbolske diskonterings betydning for nutidsværdiberegningerne er nutidsværdierne for den i afsnit 8.1 analyserede rødgranbeplantning også beregnet med opstillede diskonteringsfunktioner. Resultaterne er sammenfattet i tabel 13.2.

Tabel 13.2 Nutidsværdi af 1 ha rødgranbeplantning ved forskellige diskonteringsformer

Diskonteringsform	Nutidsværdi
Traditionel diskontering $i = 0,03$	11.700 kr.
Simpel hyperbolsk diskontering $k = 0,21$	- 11.100 kr.
Logaritmisk diskontering $k = 0,3$	28.500 kr.
Weitzmans Gamma-funktion	9.800 kr.

Det ses, at blandt de antagne hyperbolske diskonteringsformer er det i dette tilfælde kun den logaritmiske, som fører til en større nutidsværdi for rødgranbeplantningen end ved traditionel diskontering. Både Gamma-diskontering og simpel hyperbolsk diskontering fører til lavere nutidsværdier - simpel hyperbolsk diskontering endog til en negativ nutidsværdi. Resultaterne er selvfølgelig fuldstændig afhængige af de benyttede parametre i de forskellige diskonteringsfaktorfunktioner; men de illustrerer tydeligt, at hyperbolsk diskontering bestemt ikke altid resulterer i højere nutidsværdier end traditionel diskontering - selv ikke ved et forholdsvis langvarigt skovprojekt. Det er ofte konsekvenserne på meget langt sigt, der bliver tillagt større vægt ved hyperbolsk diskontering.

13.5 Problemer ved ikke-konstant diskontering.

Traditionel diskontering og de forskellige former for hyperbolsk diskontering er alle specialtilfælde af, hvad der i Harvey (1994) benævnes som ikke-konstant diskontering. Nutidsværdien af et projekt W kan generelt beregnes som

$$W = \sum_{t=0}^{\infty} A(t) \cdot (B_t - C_t)$$

hvor $A(t)$ er den tidsafhængige diskonteringsfaktorfunktion, og $(B_t - C_t)$ er netto-benefits i periode t . Diskonteringsfaktorfunktionen kan antage en hvilken som helst form, og bortset fra tilfældet hvor $A(t) = \text{konstant}$, er der tale om ikke-konstant diskontering. Såfremt $A(t)$ er faldende over tid, taler Harvey om *tidsavers diskontering*.

Traditionel diskontering, som Harvey benævner *konstant tidsavers*, er en form for tidsavers diskontering, der opfylder helt specifikke krav - nemlig kravene om

- uafhængighed
- stationaritet

Uafhængighedskravet indebærer, at den relative nutidsværdi af netto-benefits i to perioder er uafhængig af, hvad der sker i alle andre perioder. Stationaritetskravet indebærer, at den relative nutidsværdi af netto-benefits i to perioder ikke påvirkes af, hvilken periode der udgør periode nul i nutidsværdiberegningen. Opfyldelsen af disse to krav, hvor den relative nutidsværdi af to perioders netto-benefits er uafhængig af hvilket tidspunkt den opgøres på - fx om det er den nuværende eller en fremtidig generation, der foretager vurderingen - benævnes *timing konsistens*. Fraværet af timing konsistens kan opfattes, som en form for irrationalitet, hvor man kan blive nødt til at omgøre beslutninger, alene fordi visse netto-benefits nu er kommet nærmere til beslutningstidspunktet.

Uafhængigheds- og stationaritetskravene er reelt stærke krav. Det er således ikke aldeles indlysende, at den relative nutidsværdi af hvad der sker i dag og om 10 år, nødvendigvis bør være uafhængig af hvad der sker i mellemtiden. Det er heller ikke indlysende irrationelt at tillægge, hvad der sker i dag og om 10 år en anden relativ nutidsværdi, end hvad der sker om hhv. 100 og 110 år.

Faldende tidsavers diskontering, hvoraf de forskellige former for hyperbolsk diskontering udgør specialtilfælde opfylder ikke stationaritetkravet, og de er derfor heller ikke timing konsistente. Samtidig opfylder de tilsyneladende heller ikke kravet til økonomisk efficiens, hvis det antages at der kan opnås en konstant alternativ afkaststrate på samfundets investeringer.

Harvey (1994) tvivler imidlertid på, om den manglende opfyldelse af timing konsistens er et reelt problem. Et nutidigt og et fremtidigt samfund kan udmærket opfattes som to forskellige samfund. Der er derfor intet irrationelt i, at de begge har hyperbolske tidspræferencer og derved diskontere de nære konsekvenser med en højere diskonteringsrate end de fjerne. Det fremtidige samfund vil derfor i visse tilfælde kritisere det nuværende for ikke at have gennemført fremtidsorienterede projekter - dvs. projekter med store nutidige omkostninger og gevinster, der først opnås på langt sigt. Til gengæld vil det fremtidige samfund alt andet lige ikke kritisere, at sådanne projekter er blevet gennemført. I det hele taget finder Harvey det helt naturligt, at et samfund skifter præferencer og omgør beslutninger, når den tidsmæssige afstand til de betragtede konsekvenser bliver kortere. I sit forsvar for Gamma-diskontering nedtoner Weitzman (2001) også konsistensproblemet og mener, at det bør løses separat.

Harvey finder heller ikke argumentet om at benytte en konstant alternativ afkaststrate eller markedsrente som diskonteringsrate for at sikre økonomisk efficiens for overbevisende. Hans hovedargument er, at hvis man i vurderingen af ethvert projekt søger at indarbejde samtlige hypotetiske muligheder for alternativ anvendelse af de anvendte ressourcer og de opnåede gevinster, bliver det nærmest umuligt at sammenligne forskellige projekter - ja endog at specificere, hvori det enkelte projekt egentlig består. Han mener, at man udelukkende bør basere vurderingen på sammenligning af realistiske beskrivelser, af hvad der vil ske, hvis man hhv. gennemfører og undlader at gennemføre projekterne.

Harvey mener, at den tidsmæssige vurdering bør baseres på en form for faldende tidsavers diskontering, og han afviser *timing neutralitet* - dvs. helt at undlade at diskontere. Denne afvisning indrømmer han dog er af politisk art, idet han finder timing neutralitet helt ude af trit med de fleste personers tidsmæssige præferencer. Spørgsmålet er imidlertid, som det flere gange er fremført, om disse individuelle tidspræferencer overhovedet er relevante i forbindelse med en samfundsmæssig vurdering. Det væsentligste argument mod hyperbolsk diskontering er derfor måske det samme som mod traditionel diskontering - det er ikke sikkert, at denne form for diskontering fører til en retfærdig fordeling af nytte mellem generationer.

13.6 Opsummering

Simpel hyperbolsk og logaritmisk diskontering af nytte begrundes udelukkende med udgangspunkt i individuelle tidspræferencer. Relevansen af denne form for diskontering er derfor tvivlsom i en samfundsmæssig sammenhæng. Spørgsmålet er nemlig ikke, hvorledes personer faktisk vælger mellem tidsmæssigt forskelligt placerede nytteændringer, men snarere hvorledes der *bør* vælges mellem sådanne ændringer.

Weitzmans pragmatisk begrundede Gamma-diskontering kan heller ikke anbefales i forbindelse med velfærdsøkonomiske vurderinger. Det er ikke en tilstrækkelig begrundelse for anvendelsen af denne diskonteringsform, at 2.800 førende økonomers valg af diskonteringsrate kan beskrives ved en Gamma-fordeling. Det er også særdeles vanskeligt at fortolke resultatet af en sådan diskontering.

Hyperbolsk diskontering lever ikke op til kravet om timing konsistens, hvilket kan medføre, at der ikke tages tilstrækkeligt hensyn til efficienskravet i forbindelse med projektvurderingen. Denne kritik kan dog imødegås ved konkret at specificere, hvilken alternativ nyttestrøm der mistes ved at omallokere ressourcerne, og sikre sig, at de overvejede projekter skaber nyttestrømme der er mindst lige så fordelagtige som denne. Dette sker imidlertid ikke bedst gennem hyperbolsk diskontering af nytte, men ved at udforme et egentligt kriterium for retfærdig fordeling af nytte over tid og mellem generationer. Udformningen af et sådant kriterium er den egentlige udfordring i forbindelse med velfærdsøkonomisk vurdering over tid.

Litteratur

- Arrhenius G. (2000): "An Impossibility Theorem for Welfarist Axiologies", *Economics & Philosophy*, October 2000 p. 247 - 266
- Arrow K. J. (1982): "The Rate of Discount on Public Investments with Imperfect Capital Markets", i Lind (ed.) (1982)
- Arrow K. J., Cline W. R., Mähler K-G., Munasinghe M., & Stiglitz J. E. (1996): "Intertemporal Equity and Discounting" i IPCC: "Climate Change 1995, The Economic and Social Dimensions of Climate Change", Cambridge 1996
- Blanchard O. J. & Fischer S. (1989): "Lectures on Macroeconomics", Cambridge, Massachusetts 1989
- COWI/Trafikministeriet (2002): "Brug af samfundsøkonomiske metoder i udvalgte lande", Trafikministeriet 2002
- Cropper M. L., Aydede S. K. & Portney P. R. (1992): "Rates of Time Preference for Saving Lives", *American Economic Review*, Vol. 82 1992, p. 469 - 472
- Cullen R. (1991): "Discounting the economic costs of conservation and compensation", *Environment and Planning*, Vol. 23 1991, p. 1121 - 1132
- Danmarks Statistik (2001): *Statistiske Efterretninger: Nationalregnskab og betalingsbalance 2001:7*, Danmarks Statistik 27. juni 2001.
- Danmarks Statistik (2002): *Statistiske Efterretninger: Nationalregnskab og betalingsbalance 2002:2*, Danmarks Statistik 1. februar 2002.
- Danø S. (1985): "Investeringsplanlægning", Blå memo nr. 132, Københavns Universitets Økonomiske Institut 1985.
- Dasgupta P. (1982): "Resource Depletion, Research and Development, and the Social Rate of Discount", i Lind (ed.) (1982)
- Dasgupta P. S., Sen A. K. & Marglin S. (1972): "Guidelines for Project Evaluation", UNIDO New York 1972.
- Dasgupta P. S. & Heal G. M. (1979): "Economic Theory and Exhaustible Resources", Cambridge 1979.
- Det Økonomiske Råd (1998): "Dansk økonomi efterår 1998 - Bæredygtighed: Balance mellem generationer", Det Økonomiske Råd 1998
- Donohue J. J. (1999): "Why We Should Discount the Views of Those Who Discount Discounting", *The Yale Law Journal* vol. 108, 1999, p. 1901 - 1910
- Drepper F. R. & Månsson B. Å. (1993): "Intertemporal valuation in an unpredictable environment", *Ecological Economics*, Vol 7 1993, p. 43 - 67
- Finansministeriet (1999): "Vejledning i udarbejdelse af samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger", Finansministeriet 1999
- Finansministeriet (2001): "Miljøpolitikens økonomiske fordele og omkostninger", Finansministeriet 2001
- Frederick S., Loewenstein G. & O'Donoghue T. (2002): "Time Discounting and Time Preference: A Critical Review", *Journal of Economic Literature* Vol. 40, June 2002, p. 351 - 401

- Geel Andersen A. (1978): "Investeringssteori: Partiel investeringsplanlægning under sikkerhed", Århus 1978.
- Harberger A. C. (1972): "On Discount Rates for Cost-Benefit Analysis", i A. C. Harberger: "Project Evaluation", London 1972
- Harvey C. M. (1994): "The reasonableness of non-constant discounting", Journal of Public Economics vol. 53 1994, p. 31 - 51
- Heal G. (1998): "Valuing the Future: Economic Theory and Sustainability", Columbia 1998.
- Heinzerling L. (1999): "Discounting Life", The Yale Law Journal vol. 108, 1999, p. 1911 - 1915
- Henderson N. & Bateman I. (1995): "Empirical and Public Choice Evidence for Hyperbolic Social Discount Rates and the implications for Intergenerational Discounting", Environmental and Resource Economics vol. 5 no. 4 1995, p. 413 - 423
- Hodrick R. J. & Prescott E. C. (1997): "Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation", Journal of Money, Credit and Banking, Vol. 29, no. 1, February 1997, p. 1 - 16
- Horowitz J. K. (1996): "Environmental policy under a non-market discount rate", Ecological Economics, Vol. 16 1996, p. 73 - 78
- Huizinga H. & Nielsen S. B. (2001): "Privatization, public investment, and capital income taxation", Journal of Public Economics vol. 82, 2001, p. 399 - 414
- Knudsen D. (2002): "Vurdering af forventet inflation og realrente", Nationaløkonomisk Tidsskrift nr. 1 juli 2002, s. 18-34
- Laslett P. & Fishkin J. S. (eds.) (1992): "Justice Between Age Groups and Generations", New Haven 1992.
- Lau M. I. (2001): "Choice over Time: Individual Discount Rates and Dynamic Life Cycle Models", Ph.D. afhandling, Rød serie nr. 74, Københavns Universitet Økonomisk Institut 2001.
- Lind R. C. (ed.) (1982): "Discounting for Time and Risk in Energy Policy", Washington D. C. 1982.
- Lind R. C. (1982): "A Primer on the Major Issues Relating to the Discount Rate for Evaluating National Energy Options", i Lind (ed.) (1982)
- Lind R. C. (1990): "Reassessing the Government's Discount Rate Policy in Light of New Theory and Data in a World Economy with a High Degree of Capital Mobility", Journal of Environmental Economics and Management vol. 18, 1990 p. S-8 - S-28
- Lumley S. (1997): "The environment and the ethics of discounting: An empirical analysis", Ecological Economics, Vol. 20 1997, p. 71 - 82
- Miljøstyrelsen (2003): "Samfundsøkonomisk analyse: Problemstillinger og diskussioner", internt notat, Miljøstyrelsen 14. februar 2003
- Moore M. J. & Viscusi W. K. (1990): "Discounting Environmental Health Risks: New Evidence and Policy Implications", Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 18 1990, p. S 51 - S 62
- Møller F. (1989): "Samfundsøkonomisk projektvurdering", Finansministeriet 1989.
- Møller F., Andersen S. P., Grau P., Huusom H. Madsen T. Nielsen J. & Strandmark L. (2000): "Samfundsøkonomisk vurdering af miljøprojekter", Danmarks Miljøundersøgelser, Miljøstyrelsen og Skov- og Naturstyrelsen 2000

- Møller F. (2003): "Anvendelse af genmodificerede planter - velfærdsøkonomisk vurdering og etiske aspekter", Faglig rapport fra DMU nr. 439, Danmarks Miljøundersøgelser 2003
- Palmon O. (1992): "Anticipating Costs and Benefits and the Social Discount Rate", *Canadian Journal of Economics* vol. 25 no. 2 1992, p. 453 - 473
- Parum C. (1998): "Historisk afkast af aktier og obligationer i Danmark", 1998
- OMB (2003): "Draft 2003 Report to Congress on the Costs and Benefits of Federal Regulations", Office of Management and Budget, US 2003
- Olson M. & Bailey M. J. (1981): "Positive Time Preference", *Journal of Political Economy* Vol. 89 no. 1, February 1981, p. 1 - 25
- Parfit D. (1982): "Personel Identity and Rationality", *Synthese* Vol. 53, p. 227 - 241.
- Parfit D. (1984): "Reasons and Persons", Oxford 1984.
- Pedersen E. H. (2001): "Udvikling i og måling af realrenten", *Danmarks Nationalbank Kvartalsoversigt* 3. kvartal 2001
- Richards K. R. (1993): "Valuation of temporary and Future Greenhouse Reductions", North West Laboratory 1993
- Robinson J. C. (1990): "Philosophical Origins of the Social Rate of Discount in Cost-Benefit Analysis", *The Milbank Quarterly*, vol. 68, no. 2, 1990, p. 245 - 265
- Ryberg J. (1994): "Diskontering af fremtidige personers interesser", *Filosofiske Studier* bind 14, Institut for Filosofi, Pædagogik og Retorik, Københavns Universitet 1994
- Ryberg J. (1996): "Topics on Population Ethics", Ph.D.-Dissertation, University of Copenhagen 1996
- Sandmo A. & Drèze J. H. (1971): "Discount Rates for Public Investments in Closed and Open Economies", *Economica* november 1971, p. 395 - 412
- Sen A. K. (1967): "Isolation, Assurance and the Social Rate of Discount", *Quarterly Journal of Economics* vol. 81 1967, p. 112 - 124
- Sen A. K. (1982): "Approaches to the Choice of Discount Rates for Social Benefit-Cost Analysis", i Lind (ed.) (1982)
- Sjaastad L. A. & Wisecarver D. L. (1977): "The Social Cost of Public Finance", *Journal of Political Economy* vol. 85 no. 3 1977, p. 513 - 547
- Stiglitz J. E. (1982): "The Rate of Discount for Benefit-Cost Analysis and the Theory of the Second Best", i Lind (ed.) (1982)
- Sweeney J. L. (1982): "Comment" on P. Dasgupta: "Resource Depletion, Research and Development, and the Social Rate of Discount", i Lind (ed.) (1982)
- Thygesen I. (1972): "Investeringsplanlægning: Operationsanalytiske metoder til forbedring af beslutningsgrundlaget", København 1972.
- Usher D. (1982): "Comment" on K. J. Arrow: "The Rate of Discount on Public Investments with Imperfect Capital Markets", i Lind (ed.) (1982)

- Weitzman M. L. (1994): "On the "Environmental" Discount Rate", Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 26 1994, p. 200 - 209
- Weitzman M. L. (1998): "Why the Far-Distant Future Should Be Discounted at Its Lowest Possible Rate", Journal of Environmental Economics and Management, Vol 36 1998, p. 201 - 208
- Weitzman M. L. (2001): "Gamma Discounting", American Economic Review vol. 91 no. 1, March 2001, p. 260 - 271

Bilag I Variabel- og parameterbetegnelser

I rapporten benyttes, når intet andet er angivet, gennemgående følgende variabelbetegnelser:

W = samfundets velfærd - nutidværdien af projektets netto-benefitstrøm

$u_t^i(c_t^i)$ = person i 's nytte i år t af hans forbrug c_t^i i år t

λ_i = person i 's marginale nytte af forbrug eller indkomst

p = beregningspriser

$B_t - C_t$ = netto-benefits i år t - benefits B fratrukket costs C

d = diskonteringsrate

φ = rentestyrke

ρ_i = person i 's nyttediskonteringsrate

ρ = den samfundsmæssige nyttediskonteringsrate

i = den samfundsmæssige forbrugsdiskonteringsrate

q = marginale reale velfærdsøkonomiske afkastrate på alternative investeringer

r = den internationale rente

T = projektets tidshorisont

v = elasticiteten for den marginale nytte af forbrug

$\alpha(i, T)$ = kapitalindvindingsfaktoren for diskonteringsraten i og tidshorisonten T

f_K = forrentningsfaktoren (skyggeprisen) på kapital

Bilag II Diskret tid og kontinuert tid - rente og rentestyrke

Projektets netto-benefits opgøres normalt periode for periode - oftest for et år af gangen. Der arbejdes med diskret tid. For at beregne projektets nutidsværdi er man i dette tilfælde nødt til at forudsætte, hvornår netto-benefits ($B_t - C_t$) erhverves - dvs. om dette sker i begyndelsen af termin/år t eller i slutningen. Antages erhvervelsen at finde sted i begyndelsen af året, kan projektets nutidsværdi $N_0(I)$ opgjort ved starten af periode 0 med en diskonteringsrate på d pr. periode og en tidshorisont på T perioder beregnes på følgende måde:

$$N_0(I) = \sum_{t=0}^T (B_t - C_t) \cdot (1 + d)^{-t}$$

Hvis netto-benefits i stedet bliver erhvervet i slutningen af hver periode, foretages den angivne summation fra $t = 1$ til $t = T + 1$.

I den angivne nutidsværdiberegning antages netto-benefits at blive erhvervet én gang i hver periode. Sker der derimod m erhvervelser pr. periode, må nutidsværdien $N_0(m)$ i stedet beregnes på følgende måde:

$$N_0(m) = \sum_{t=0}^T (B_t - C_t) \cdot \left(1 + \frac{j}{m}\right)^{m \cdot t}$$

I dette tilfælde er j den rente pr. periode, som svarer til diskonteringsraten d pr. periode, når der erhverves nettobenefits m gange pr. periode - dvs. $(1 + d) = \left(1 + \frac{j}{m}\right)^m$.

Hvis der arbejdes med kontinuert tid, sker der en løbende erhvervelse af netto-benefits. Der finder uendelig mange erhvervelser sted - dvs. m går mod uendelig. I så fald har man:

$$(1 + d) = \left(1 + \frac{j}{m}\right)^m \Rightarrow j = m \cdot \left(\left(1 + d\right)^{\frac{1}{m}} - 1\right)$$

Sættes herefter $x = \frac{1}{m}$ fås $j = \frac{(1 + d)^x - 1}{x}$. Når $m \rightarrow \infty$, da vil $x \rightarrow 0$, hvorefter j i dette tilfælde kan bestemmes som

$$\lim_{x \rightarrow 0} j = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\frac{d((1 + d)^x - 1)}{dx}}{\frac{dx}{dx}} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{(1 + d)^x \cdot \ln(1 + d)}{1} = \ln(1 + d)$$

hvor $\lim_{x \rightarrow 0} j$ kaldes for rentestyrken ϕ . Når $\phi = \ln(1 + d)$ fås $(1 + d) = e^\phi$. Hvis f.eks. den traditionelle diskonteringsrate d er 3 pct., kan den hertil svarende rentestyrke ϕ beregnes som $\ln 1,03 = 0,029559 \approx 2,956$ pct.

Idet herefter $(B_t - C_t) \cdot (1 + d)^{-t} = (B_t - C_t) \cdot e^{-\phi \cdot t}$ kan nutidsværdien af en nettobenefit strøm med uendelig mange erhvervelser bestemmes som

$$N_0(\infty) = \int_0^T (B_t - C_t) \cdot e^{-\phi \cdot t} dt$$

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser – DMU – er en forskningsinstitution i Miljøministeriet.
DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

*Direktion
Personale- og Økonomisekretariat
Forsknings- og Udviklingssektion
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Marin Økologi
Afd. for Miljøkemi og Mikrobiologi
Afd. for Arktisk Miljø*

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejlsøvej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

*Overvågningssektionen
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Ferskvandsøkologi
Afd. for Marin Økologi
Projektchef for det akvatiske område*

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 12-14, Kalø
8410 Rønne
Tlf.: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 15

Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger.
Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.
I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.