



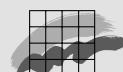
# VÆRDISÆTNING AF ÆNDRING I DØDSRISIKO

Beskrivelse af ændring i dødsrisiko, livstidsnyttefunktion, fortolkningen af personers betalingsvillighed og aggregeringen heraf

Arbejdsrapport fra DMU nr. 253 2009



DANMARKS MILJØUNDERSØGELSER  
AARHUS UNIVERSITET



[Tom side]

# VÆRDISÆTNING AF ÆNDRING I DØDSRISIKO

Beskrivelse af ændring i dødsrisiko, livstidsnyttefunktion, fortolkningen af personers betalingsvillighed og aggregeringen heraf

---

Arbejdsrapport fra DMU nr. 253 2009

Flemming Møller



# Datablad

Serietitel og nummer:	Arbejdsrapport fra DMU nr. 253
Titel:	Værdisætning af ændring i dødsrisiko
Undertitel:	Beskrivelse af ændring i dødsrisiko, livstidsnyttefunktion, fortolkningen af personers betalingsvillighed og aggregeringen heraf
Forfatter:	Flemming Møller
Afdeling:	Afdeling for Systemanalyse
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Aarhus Universitet
URL:	<a href="http://www.dmu.dk">http://www.dmu.dk</a>
Udgivelsesår:	Juni 2009
Redaktion afsluttet:	Maj 2009
Faglig kommentering:	Henning Høgh Jensen, DMU
Finansiel støtte:	Delvist finansieret af Programkomiteen vedrørende Energi og Miljø under det Strategiske Forskningsråd.
Bedes citeret:	Møller, F. 2009: Værdisætning af ændring i dødsrisiko. Beskrivelse af ændring i dødsrisiko, livstidsnyttefunktion, fortolkningen af personers betalingsvillighed og aggregeringen heraf. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 100 s. - Arbejdsrapport fra DMU nr. 253. <a href="http://www.dmu.dk/Pub/AR253.pdf">http://www.dmu.dk/Pub/AR253.pdf</a>
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Rapporten diskuterer, hvorledes ændringen i dødsrisikoen bedst beskrives som ændringer i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder frem for ændringer i de forventede levetider eller ændringer i antallet af dødsfald af en bestemt årsag. Det diskuteres endvidere, hvorledes ændringer i personers livstidsnytte som følge af en ændring i dødsrisikoen bør opgøres. Endelig diskuteres det, hvorledes personers betalingsvillighed for en ændring i dødsrisikoen bør fortolkes samt aggregeres til en samlet betalingsvillighed herfor.
Emneord:	Værdisætning, dødsrisiko, livstidsnytte, betalingsvillighed
Layout:	Ann-Katrine Holme Christoffersen
ISSN (elektronisk):	1399-9346
Sideantal:	100
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) på DMU's hjemmeside <a href="http://www.dmu.dk/Pub/AR253.pdf">http://www.dmu.dk/Pub/AR253.pdf</a>

# Indhold

## Forord 5

## Sammenfatning 6

## Indledning 8

### 1 Beskrivelse af ændringen i dødsrisikoen 10

- 1.1 Nogle basale demografiske sammenhænge 10
- 1.2 Beregningseksempel for de demografiske konsekvenser af en ændring i dødsrisikoen 13
- 1.3 Ændring i overlevelsesfunktionen eller overlevelsessandsynlighederne 19
- 1.4 Ændring i den forventede levetid 21
- 1.5 Ændring i antal døde af en bestemt årsag 22
- 1.6 Akutte og kroniske dødsfald 23
- 1.7 Eksempler på dosis respons-funktioner 25
- 1.8 Sammenfatning 30

### 2 Livstidsnyttefunktioner 35

- 2.1 Den forventede livstidsnytte opgjort på grundlag af nulevende personers præferencer som en funktion af personernes subjektive forventninger til nytten i de enkelte år, hvis personen er i live, sandsynligheden for at personen er i live i de enkelte år og en eventuel tidspræferencerate 36
- 2.2 Livstidsnyttens opgjort på grundlag af nulevende personers præferencer som en funktion af den forventede levetid og et repræsentativt nytteniveau 42
- 2.3 Livstidsnyttens opgjort på grundlag af nulevende personers præferencer som en funktion af den forventede livstidsnytte og spredningen på denne 44
- 2.4 Livstidsnyttens opgjort på et objektivi grundlag som en sum af den forventede nytte i de enkelte leveår 45
- 2.5 Sammenfatning 49

### 3 Betalingsvilligheden for en ændring i antallet af døde af en bestemt årsag - værdien af et statistisk liv VSL 54

- 3.1 Simpel udledning af VSL – personernes betalingsvilligheder indfortolkes ikke i en livstidsnyttesammenhæng 55
- 3.2 Den årlige betalingsvillighed som udtryk for ændringen i det forventede samlede årlige forbrug 56
- 3.3 Kan VSL overhovedet fortolkes som udtryk for en ændring i personers forventede livstidsnytte 60
- 3.4 De adspurgte personers tidspræferencer - diskontering 61
- 3.5 Personerne har udtrykt årlige betalingsvilligheder for helt forskellige forventede restlevetider 63
- 3.6 VSL som udtryk for værdien af det forventede fremtidige forbrug for den gennemsnitlige person der dør 69

### 4 Betalingsvilligheden for en nærmere specificeret ændring af den forventede levetid - værdien af et leveår VOLY 71

- 4.1 Vundne leveår pr. person, pr. år eller i alt over en given tidshorisont 72
- 4.2 VOLY beregnet som et simpelt gennemsnit af personernes årlige betalingsvilligheder – ingen livstidsnyttefortolkning 73
- 4.3 Betalingsvilligheden for et leveår indfortolket i en livstidsnyttesammenhæng 74

## **5 Betalingsvilligheden for en procent-pointændring i overlevelsessandsynligheden i hvert af de kommende år eller for en præcis angivelse af ændringerne i overlevelseskurven 80**

- 5.1 Årlig *WTP* for en ændring i den årlige overlevelsessandsynlighed på en procentpoint 80
- 5.2 Årlig *WTP* for en nøje specificeret ændring i den årlige overlevelsessandsynlighed for den enkelte person 84

## **6 Den objektive tilgang til værdisætningen af en ændring i dødsrisikoen 87**

## **7 Afslutning 91**

- 7.1 Hvorledes bør ændringen i dødsrisikoen beskrives? 91
- 7.2 Hvorledes bør ændringen i personers livstidsnytte ved en ændring i dødsrisikoen opgøres – hvilke livstidsnyttefunktion bør ligge til grund for opgørelsen? 93
- 7.3 Hvorledes bør personers præferencer inddrages i analysen, og hvorledes bør personers betalingsvillighed for ændringer i dødsrisikoen fortolkes? 94
- 7.4 Hvorledes bør en gennemsnitlig årlig betalingsvillighed beregnes, når de adspurgte personer har forskellige forventede restlevetider og tidspræferencer, og hvorledes bør fremtidige personers betalingsvillighed fastsættes? 96

Referencer 99

## Forord

Denne rapport er delvist finansieret af forskningsprojektet vedrørende "Environmental and Health Impact Assessment of Scenarios for Renewable Energy Systems with Hydrogen" (HYSCENE), som har modtaget støtte fra Programkomiteen vedrørende Energi og Miljø under det Strategiske Forskningsråd. Projektperioden er 2006-2008.

Rapporten har også modtaget finansiell støtte fra forskningsprojektet "Renewable Energy for the Transport Sector Using Biofuel as Energy Carriers (REBECa) som ligeledes har modtaget støtte fra Programkomiteen vedrørende Energi og Miljø under det Strategiske Forskningsråd. Projektperioden er 2007-2010.

Endelig har Miljøstyrelsen støttet et pilotprojekt vedrørende prissætning af ændret dødsrisiko. Nogle af resultaterne herfra har også dannet grundlag for rapporten.

# Sammenfatning

Arbejdsrapporten omfatter følgende kapitler:

- *Kapitel 1* Beskrivelse af ændringen i dødsrisikoen
- *Kapitel 2* Livstidsnyttefunktionen
- *Kapitel 3* Betalingsvilligheden for en ændring i antallet af døde af en bestemt årsag - værdien af et statistisk liv *VSL*
- *Kapitel 4* Betalingsvilligheden for en nærmere specificeret ændring af den forventede levetid - værdien af et leveår *VOLY*
- *Kapitel 5* Betalingsvilligheden for en procent-pointændring i overlevelsessandsynligheden i hvert af de kommende år eller for en præcis angivelse af ændringerne i overlevelseskurven
- *Kapitel 6* Den objektive tilgang til værdisætningen af en ændring i dødsrisikoen

I *Kapitel 1* gøres der rede for nogle basale demografiske sammenhænge mellem dødsrisikoen udtrykt som den aldersbetingede sandsynlighed for at dø, den forventede levetid og antal afdøde i det enkelte år. Det konkluderes, at ændringen i dødsrisikoen bedst udtrykkes som ændringer i de aldersbetingede sandsynligheder for at dø eller aldersbetingede overlevelsessandsynligheder. Disse ændringer kan omregnes til ændringer i personers forventede levetider og ændringer i det årlige antal døde på kort sigt; men disse måder at udtrykke ændringen i dødsrisikoen er mindre præcise.

I *Kapitel 2* gøres der rede for, at det nytteetiske grundlag for den velfærdsøkonomiske analyse tilsiger, at værdisætningen af ændringen i dødsrisikoen bør afspejle den hermed forbundne ændring i personers forventede livstidsnytte. Dette kræver kendskab til personernes livstidsnyttefunktion. I kapitlet opstilles en række mulige livstidsnyttefunktioner, og det diskuteres, om livstidsnyttens bør opgøres ud fra nulevende personers præferencer eller på et mere objektivi grundlag. I denne forbindelse er det et centralt spørgsmål, om nytte erhvervet på forskellige fremtidige tidspunkter bør diskonteres, og i givet fald med hvilken diskonteringsrate.

*Kapitel 3 - 5* behandler herefter selve prissætningen af ændringen i dødsrisikoen på et subjektivt grundlag ud fra personers betalingsvillighed for en sådan ændring.

Der gøres i *Kapitel 3* rede for den såkaldte *værdi af et statistisk liv (VSL)*, der fastsættes på grundlag af personers betalingsvillighed for en ændring i antallet af døde af en bestemt årsag. Det diskuteres, om disse betalingsvilligheder kan indfortolkes i en livstidsnyttesammenhæng og i givet fald hvordan - herunder hvilken livstidsnyttefunktion der skal danne grundlag for fortolkningen.



I *Kapitel 4* gennemføres den samme diskussion i relation til *værdien af et leveår (VOLY)*, som fastsættes på grundlag af personers betalingsvillighed for en nærmere specificeret ændring i den forventede levetid.

Endelig overvejes i *Kapitel 5* muligheden for at basere værdisætningen på personers betalingsvillighed for en procent-pointændring i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder eller ligefrem for en mere præcis angivelse af ændringerne i personernes overlevelseskurver.

Fremstillingen i *Kapitel 3 - 5* behandler også en specifik problemstilling knyttet til beregningen af personers gennemsnitlige betalingsvillighed for en ændring i risikoen for at dø. Den gennemsnitlige betalingsvillighed er relevant, fordi man ønsker at kunne gennemføre værdisætningen for forskellige ændringer i dødsrisikoen. Det er ikke oplagt, hvorledes den gennemsnitlige betalingsvillighed bør beregnes, når personer har udtrykt deres betalingsvilligheder over forskellige forventede restlevetider og formentlig også med forskellige tidspræferencer. I denne sammenhæng diskuteres det også, hvorledes der korrigeres for forskellen mellem personernes personlige diskonteringsrater og den velfærdsøkonomisk relevante forbrugsdiskonteringsrate.

Som alternativ til den subjektive betalingsvillighedsbaserede tilgang til værdisætningen diskuteres i *Kapitel 6* mulighederne for at værdisætte ændringen i dødsrisikoen ud fra en objektiv opgørelse af den hermed forbundne ændring i nulevende og fremtidige personers forventede livstidsforbrug.

I *Kapitel 7* sammenfattes diskussionen og resultaterne fra de foregående kapitler. Der forekommer ikke at være en oplagt prissætningsmetode for ændringer i dødsrisikoen, og der udpeges derfor en række yderligere forskningsbehov.

## Indledning

Når man i forbindelse med velfærdsøkonomisk vurdering ønsker at værdisætte en ændring i dødsrisikoen, giver det overordnet set anledning til følgende problemstillinger:

- Hvorledes bør ændringen i dødsrisikoen beskrives?
- Hvis værdisætningen bør afspejle ændringer i personers livstidsnytte, hvordan bør denne så opgøres?
- Bør værdisætningen ske med direkte udgangspunkt i nulevende personers betalingsvilligheder for en ændring i dødsrisikoen, eller bør betalingsvillighederne fortolkes ind i en livstidsnyttesammenhæng og i givet fald hvordan? Eller bør værdisætningen snarere ske på grundlag af en mere objektiv opgørelse af ændringen i personernes forventede forbrug?
- Hvorledes beregnes personers gennemsnitlige betalingsvillighed, når personernes betalingsvilligheder er udtryk for forskellige forventede levetider og på grundlag af forskellige personlige tidspræferencer?

Arbejdsrapporten er disponeret i forhold til disse problemstillinger.

I *Kapitel 1* gøres der rede for nogle basale demografiske sammenhænge mellem dødsrisikoen udtrykt som den aldersbetingede sandsynlighed for at dø, den forventede levetid og antal afdøde i det enkelte år. Det konkluderes, at ændringen i dødsrisikoen bedst udtrykkes som ændringer i de aldersbetingede sandsynligheder for at dø eller aldersbetingede overlevelsessandsynligheder. Disse ændringer kan omregnes til ændringer i personers forventede levetider og ændringer i det årlige antal døde på kort sigt; men disse måder at udtrykke ændringen i dødsrisikoen er mindre præcise.

I *Kapitel 2* gøres der rede for, at det nytteetiske grundlag for den velfærdsøkonomiske analyse tilsiger, at værdisætningen af ændringen i dødsrisikoen bør afspejle den hermed forbundne ændring i personers forventede livstidsnytte. Dette kræver kendskab til personernes livstidsnyttefunktion. I kapitlet opstilles en række mulige livstidsnyttefunktioner, og det diskuteres, om livstidsnyttens bør opgøres ud fra nulevende personers præferencer eller på et mere objektivt grundlag. I denne forbindelse er det et centralt spørgsmål, om nytte erhvervet på forskellige fremtidige tidspunkter bør diskonteres, og i givet fald med hvilken diskonteringsrate.

*Kapitel 3 - 5* behandler herefter selve prissætningen af ændringen i dødsrisikoen på et subjektivt grundlag ud fra personers betalingsvillighed for en sådan ændring. Der gøres i *Kapitel 3* rede for den såkaldte *værdi af et statistisk liv (VSL)*, der fastsættes på grundlag af personers betalingsvillighed for en ændring i antallet af døde af en bestemt årsag. Det diskuteres, om disse betalingsvilligheder kan indfortolkes i en livstidsnyttesammenhæng og i givet fald hvordan - herunder hvilken livstidsnyttefunktion der skal danne grundlag for fortolkningen. I *Kapitel 4* gennem-

føres den samme diskussion i relation til *værdien af et leveår (VOLY)*, som fastsættes på grundlag af personers betalingsvillighed for en nærmere specificeret ændring i den forventede levetid. Endelig overvejes i *Kapitel 5* muligheden for at basere værdisætningen på personers betalingsvillighed for en procentpointændring i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder eller ligefrem for mere præcis angivelse af ændringerne i personernes overlevelseskurver.

Fremstillingen i *Kapitel 3 - 5* behandler også en specifik problemstilling knyttet til beregningen af personers gennemsnitlige betalingsvillighed for en ændring i risikoen for at dø. Den gennemsnitlige betalingsvillighed er relevant, fordi man ønsker at kunne gennemføre værdisætningen for forskellige ændringer i dødsrisikoen. Det er ikke oplagt, hvorledes den gennemsnitlige betalingsvillighed bør beregnes, når personer har udtrykt deres betalingsvilligheder over forskellige forventede restlevetider og formentlig også med forskellige tidspræferencer. I denne sammenhæng diskuteres det også, hvorledes der korrigeres for forskellen mellem personernes personlige diskonteringsrater og den velfærdsøkonomisk relevante forbrugsdiskonteringsrate.

Som alternativ til den subjektive betalingsvillighedsbaserede tilgang til værdisætningen diskuteres i *Kapitel 6* mulighederne for at værdisætte ændringen i dødsrisikoen ud fra en objektiv opgørelse af den hermed forbundne ændring i nulevende og fremtidige personers forventede livstidsforbrug.

I *Kapitel 7* sammenfattes diskussionen og resultaterne fra de foregående kapitler. Der forekommer ikke at være en oplagt prissætningsmetode for ændringer i dødsrisikoen, og der udpeges derfor en række yderligere forskningsbehov.

# 1 Beskrivelse af ændringen i dødsrisikoen

Kapitlet indledes med en beskrivelse af en række demografiske sammenhænge mellem ændringen i den aldersbetingede sandsynlighed for at dø, ændringen i den forventede levetid og ændringen i antallet af døde på kort sigt. Herefter argumenteres for, at ændringen i dødsrisikoen bedst beskrives som ændringer i overlevelsessandsynlighederne eller overlevelsesfunktionen. Ændringen i den forventede levetid eller ændringen i antallet af døde af en bestemt årsag er en upræcis måde at beskrive ændringen i dødsrisikoen.

## 1.1 Nogle basale demografiske sammenhænge

Normalt taler man om, at en forværring af de ydre levevilkår "øger risikoen for at dø". F.eks. antages en forhøjelse af fartgrænserne at øge risikoen for at blive slået ihjel på vejene, eller en forværring af luftforureningsomfanget antages at øge risikoen for at dø af forskellige sygdomme. Umiddelbart misforstår man måske dette som, at antallet af døde pr. år stiger. Dette er ganske vist også tilfældet på kort sigt; men det årlige antal døde stiger netop ikke på langt sigt, hvis det forudsættes, at den øgede dødsrisiko ikke påvirker det årlige antal fødsler. Når befolkningstallet på længere sigt er i ligevægt, svarer det årlige antal dødsfald selvsagt til det årlige antal fødsler. Antallet af trafikdræbte pr. år er muligvis steget; men til gengæld er antallet af personer, som dør af andre årsager, faldet.

Dødsrisikoen for en person  $j$  med alderen  $a$  kan udtrykkes på flere forskellige måder. Det er derfor vigtigt gør sig klart, hvad man mener hermed, og ikke mindst når man taler om ændringer i dødsrisikoen.

- Sandsynligheden for at personen dør det kommende år  $p(a_j)$ . Denne sandsynlighed er typisk mindre for en ung person end for en ældre person. Denne sandsynlighed benævnes i det følgende *sandsynligheden for at dø*.
- Sandsynligheden for at personen lever endnu et år  $1 - p(a_j)$ .
- Sandsynligheden  $d(a_j + t)$  for at personen dør inden en bestemt alder  $t$ .
- Sandsynligheden  $s(a_j + t)$  for at personen bliver  $t$  år ældre. Denne sandsynlighed benævnes i det følgende *overlevelsessandsynligheden*. Det gælder selvsagt  $s(a_j + t) = 1 - d(a_j + t)$ .

Alle de anførte sandsynligheder er, som det fremgår, aldersbetingede. Der gælder følgende sammenhæng:

$$(1) \quad d(a_j + t) = p(a_j) \cdot p(a_j + 1) \cdot p(a_j + 2) \cdot \dots \cdot p(a_j + t - 1) = \prod_{\tau=0}^{t-1} p(a_j + \tau)$$

Det ses heraf, at størrelsen af ændringen i  $d(a_j + t)$  og  $p(a_j + \tau)$  ikke er den samme – hverken udtrykt i pct. eller procentpoint. Det er derfor vigtigt, når man taler om, at dødsrisikoen er ændret med en bestemt størrelse – udtrykt i pct. eller procentpoint – at præcisere, om det er  $p(a_j + \tau)$  for de enkelte aldersgrupper, der er ændret, eller om det er risikoen for at være død inden en bestemt alder  $d(a_j + t)$ , man taler om. For at undgå misforståelser er det bedre at udtrykke ændringen i dødsrisikoen som en procentvis eller procentpointændring i de aldersbetingede sandsynligheder for at dø  $p(a_j)$ .

Ud fra sandsynlighederne for at dø er det muligt at beregne overlevelsessandsynligheden - dvs. sandsynligheden for, at en person  $j$  med alderen  $a_j$  bliver  $t$  år ældre. Der gælder således følgende sammenhæng:

$$(2) \quad s(a_j + t) = (1 - p(a_j)) \cdot (1 - p(a_j + 1)) \cdot (1 - p(a_j + 2)) \cdot \dots \cdot (1 - p(a_j + t - 1)) = \prod_{\tau=0}^{t-1} (1 - p(a_j + \tau))$$

Som det vil fremgå af *Kapitel 2*, er det en god ide at foretage denne omregning, fordi overlevelsessandsynlighederne direkte indgår i flere af livstidsnyttelfunktionerne. Accepteres denne anbefaling, bør en øget risiko for at dø derfor snarere udtrykkes ved, at overlevelsessandsynlighederne reduceres.

En ændring i de aldersbetingede sandsynligheder for at dø og dermed i overlevelsessandsynlighederne indebærer, at de enkelte personers forventede (rest)levetid  $L^f(a_j)$  og dermed også antallet af personer  $N$  i samfundet reduceres. Der gælder således følgende sammenhænge:

$$(3) \quad L^f(a_j) = \sum_{t=0}^T s(a_j + t)$$

hvor  $T$  er den maksimalt forventede levetid. Det gælder endvidere, at den gennemsnitlige forventede levetid for en nyfødt er  $L^f = \sum_{t=0}^T s(t)$ , hvor  $s(0) = 1$ . Ændringen i den forventede levetid for en person med alderen  $a$  og en nyfødt eller fremtidig person kan herefter hhv. beregnes som

$$(4) \quad \Delta L^f(a_j) = \sum_{t=0}^T \Delta s(a_j + t) \quad \text{og} \quad \Delta L^f = \sum_{t=0}^T \Delta s(t)$$

Selvom nulevende og fremtidige personer oplever den samme procentpointændring i overlevelsessandsynligheden  $\Delta s$ , vil konsekvenserne for deres forventede levetid således være meget forskellige. Nulevende personer vil alt andet lige opleve en mindre reduktion i den forventede levetid end fremtidige personer. De nulevende personers overlevelsessandsynligheder påvirkes kun over deres maksimale restlevetid, mens fremtidige personers overlevelsessandsynligheder ændres over hele livsfor-

løbet, og de vil derfor opleve den maksimale ændring i den forventede levetid.

Antallet af personer i samfundet  $N$  kan opgøres som

$$(5) \quad N = 1 \cdot N_F + s(1) \cdot N_F + s(2) \cdot N_F + \dots + s(T) \cdot N_F = N_F \cdot \sum_{t=0}^T s(t) = N_F \cdot L^f$$

hvor  $N_F$  er antallet af nyfødte pr. år. Der gælder altså den anførte direkte sammenhæng mellem det årlige antal nyfødte  $N_F$ , antallet af personer i samfundet  $N$  og disses forventede levetid  $L^f$ . Sammenhængen er udelukkende bestemt af overlevelsessandsynlighederne.

Det gælder derfor også, at hvis overlevelsessandsynligheden for nemheds skyld antages at blive ændret med en konstant  $\Delta\bar{s}$  procentpoint, så kan ændringen i antal personer  $\Delta N$  og i disses levetid  $\Delta L^f$  fra den gældende befolkningslignevægt til den nye lignevægt beregnes som

$$(6) \quad \Delta N = N_F \cdot \sum_{t=1}^T \Delta\bar{s} = N_F \cdot T \cdot \Delta\bar{s} = N_F \cdot \Delta L^f$$

(Bemærk, at der her summeres fra  $t = 1$ , fordi antallet af nyfødte og dermed  $s(0) = 1$  er uændret).

Man må i denne forbindelse være opmærksom på, at den forholdsvise ændring i antallet af personer i samfundet  $\frac{N_1 - N_2}{N_1} = \frac{\Delta N}{N_1}$  ikke må forveksles med den gennemsnitlige ændring i overlevelsessandsynligheden  $\Delta\bar{s} = \frac{\Delta N}{T \cdot N_F}$ . Denne formel for den gennemsnitlige ændring i overlevelsessandsynligheden bliver selvfølgelig mere kompliceret, hvis ændringerne i overlevelsessandsynlighederne  $\Delta s(t)$  varierer med alderen  $t$ . Det gælder

$$(7) \quad \frac{\Delta N}{N_1} \neq \frac{\Delta N}{T \cdot N_F}$$

fordi  $N_1 = N_F \cdot \sum_{t=0}^T s(t) \neq T \cdot N_F$ . Man kan altså ikke udtrykke ændringen i overlevelsessandsynligheden som den forholdsvise reduktion i antallet af personer.

En ændring i de aldersbetingede sandsynligheder for at dø  $\Delta p(a_j)$  påvirker også det årlige antal døde  $D_t$ , så længe befolkningstallet reduceres fra den hidtidige befolkningslignevægt til den nye lignevægt. Når denne er nået, er det årlige antal døde i samfundet selvfølgelig uændret lig med antallet af nyfødte. Der er blot sket en ændring i det relative antal døde af forskellige årsager. Skyldes ændringen i de aldersbetingede sandsynligheder for at dø f.eks. en forringelse af trafikikkerheden, vil

der være flere, som dør i trafikken hvert år, mens der til gengæld vil være færre som dør af andre årsager.

De angivne demografiske sammenhænge har betydning for prissætningen af ændringer i dødsrisikoen. Det er nemlig ikke fuldt afklaret, om det er ændringer i overlevelsessandsynlighederne, i de forventede restlevetider eller i antallet af dødsfald af en bestemt årsag, som bør prissættes. Dette afhænger af, om man blot ønsker at basere prissætningen på personers umiddelbare betalingsvillighed for at opnå/undgå en nærmere specificeret ændring i en af de angivne demografiske parametre, eller om prissætningen bør afspejle en ændring i personernes forventede livstidsnytte. I det sidste tilfælde er det af afgørende betydning, hvorledes livstidsnytten for en person bestemmes - dvs. hvorledes livstidsnyttefunktionen specificeres. Denne problemstilling behandles i *Kapitel 2* og *3*.

## 1.2 Beregningseksempel for de demografiske konsekvenser af en ændring i dødsrisikoen

### 1.2.1 Ligevægtssituationen

De i *afsnit 1.1* angivne demografiske sammenhænge kan illustreres med et simpelt taleksempel. Antag at der i en given befolkning fødes 10 børn om året. Sandsynligheden for at et nyfødt barn bliver 1 år antages at være 0,8, for at blive 2 år er sandsynligheden 0,6, for at blive 3 år er sandsynligheden 0,4, og for at blive 4 år er sandsynligheden 0,2. Ingen personer bliver 5 år. I en sådan befolkning vil der (i ligevægt) hvert år være i alt 30 personer. (10 personer på 0 år + 8 personer på 1 år + 6 personer på 2 år + 4 personer på 3 år + 2 personer på 4 år). Det årlige antal af døde er lig med antallet af nyfødte - altså 10 personer.

Hvis personerne antages at dø året efter, at de har opnået en bestemt alder, kan deres gennemsnitlige eller forventede levealder  $L_f$  beregnes som

$$(8) \quad L_f = 1 \text{ år} \cdot 0,2 + 2 \text{ år} \cdot 0,2 + 3 \text{ år} \cdot 0,2 + 4 \text{ år} \cdot 0,2 + 5 \text{ år} \cdot 0,2 = 3 \text{ år}$$

Den gennemsnitlige eller forventede levealder  $L^f$  for en befolkning, hvor sandsynligheden for at opnå alderen  $t$  betegnes  $s(t)$  og den maksimale levealder er  $T$ , kan også beregnes som

$$(9) \quad L^f = \sum_{t=0}^T s(t)$$

I det aktuelle eksempel er  $L^f = 1,0 + 0,8 + 0,6 + 0,4 + 0,2 = 3$

De 30 personers gennemsnitlige alder  $a_{gns}$  er derimod

$$(10) \quad a_{gns} = \frac{1 \text{ år} \cdot 10 + 2 \text{ år} \cdot 8 + 3 \text{ år} \cdot 6 + 4 \text{ år} \cdot 4 + 5 \text{ år} \cdot 2}{30} = 2,33 \text{ år}$$

Tænker man sig nu, at ændringer i de ydre levevilkår reducerer sandsynligheden for at opnå de forskellige alderstrin med *10 procentpoint* (bortset fra *0 år*, da der fortsat fødes *10* personer om året) vil det påvirke de demografiske forhold på følgende måde:

Hvis det forudsættes, at der stadig sættes *10* børn i verden om året, vil antallet af levende personer i det enkelte år i den nye demografiske ligevægt være i alt *26* personer (*10* personer på *0 år* + *7* personer på *1 år* + *5* personer på *2 år* + *3* personer på *3 år* + *1* person på *4 år*). Det årlige antal af døde vil fortsat være lig med antallet af nyfødte - altså *10* personer. Den nye forventede levealder er endelig

$$L^f = \sum_{t=0}^T s(t) = 1,0 + 0,7 + 0,5 + 0,3 + 0,1 = 2,6 \quad \text{eller} \quad (11)$$

$$L^f = 1 \text{ år} \cdot 0,3 + 2 \text{ år} \cdot 0,2 + 3 \text{ år} \cdot 0,2 + 4 \text{ år} \cdot 0,2 + 5 \text{ år} \cdot 0,1 = 2,6 \text{ år}$$

Den forudsatte ændring i overlevelsessandsynligheden på de forskellige alderstrin har altså som konsekvens, at befolkningens størrelse på længere sigt vil blive reduceret med *4* personer, og at den forventede levetid for en nyfødt person bliver reduceret med *0,4* år. Antallet af personer, der sættes i verden og får et liv, ændres ikke. De får blot et kortere liv, hvilket registreres som, at der i hvert år er et mindre antal personer i live. Antallet af årlige dødsfald vil med et uændret antal årlige fødsler også være uændret. Kun i overgangsperioden fra den ene ligevægtstilstand til den anden vil der være flere årlige dødsfald end de *10* personer i ligevægt.

### 1.2.2 Overlevelsestabeller

Resultaterne fra foregående afsnit kan også fremstilles ved hjælp af såkaldte *overlevelsestabeller*. Udgangspunktet er de aldersbetingede sandsynligheder for at dø  $p(a)$ . I eksemplet antages disse at være følgende:

$$p(1) = 0,2$$

$$p(2) = 0,25$$

$$p(3) = 0,33$$

$$p(4) = 0,5$$

$$p(5) = 1,0$$

Sandsynligheden for at dø som etårig er altså *0,2*, som toårig *0,25* osv. Sandsynlighederne er udtryk for, hvor stor andel af de personer, der er blevet hhv. ét, to, tre, fire og fem år, der vil dø. De aldersbetingede sandsynligheder for at dø kan herefter benyttes til at opstille de i *Tabel 1.1 - 1.3* viste overlevelsestabeller.



Tabel 1.1 Overlevelsestabel - aldersbetingede sandsynligheder for at dø efter et forskelligt antal år.

	Aldersbetingede sandsynligheder for at dø efter et forskelligt antal år				
	1 år	2 år	3 år	4 år	5 år
0-årig	0,20	0,25	0,33	0,50	1,00
1-årig	0,25	0,33	0,50	1,00	
2-årig	0,33	0,50	1,00		
3-årig	0,50	1,00			
4-årig	1,00				

Tabel 1.1 viser for fem forskellige aldersgrupper - de aldersbetingede sandsynligheder for at dø efter et bestemt antal år. Sandsynligheden for, at en nyfødt (0-årig) dør efter ét år, er således 0,2. (Man har, at sandsynligheden for at dø som etårig er  $p(1) = 0,2$ . Derfor må sandsynligheden for at dø efter ét år for en nyfødt også være 0,2). Sandsynligheden for, at han dør efter to år, er 0,25, efter tre år 0,33 osv. Tilsvarende ved man, at når sandsynligheden for at dø som toårig er  $p(2) = 0,25$ , så må sandsynligheden for, at en etårig dør efter ét år, være 0,25, og så fremdeles.

Oplysningerne i Tabel 1.1 kan benyttes til at beregne de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder  $s(a+t)$  for at leve et forskelligt antal år mere. Disse sandsynligheder er vist i Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Overlevelsestabel - aldersbetingede sandsynligheder for at leve et forskelligt antal år mere.

	Aldersbetingede overlevelsessandsynligheder				
	1 år	2 år	3 år	4 år	5 år
0-årig	1,00	0,80	0,60	0,40	0,20
1-årig	0,80	0,60	0,40	0,2	
2-årig	0,75	0,50	0,25		
3-årig	0,67	0,33			
4-årig	0,50				

De aldersbetingede overlevelsessandsynligheder i Tabel 1.2 er beregnet på følgende måde: Den nyfødte (0-årige) har sandsynligheden 1,0 for at blive ét år ældre, Herefter har han sandsynligheden 0,2 for at dø som etårig og ikke blive to år. Dvs. den nyfødte har kun sandsynligheden  $s(0+2) = 1,0 - 1,0 \cdot 0,2 = 0,8$  for at blive to år. Sandsynligheden for som nulårig at blive tre år  $s(0+3) = 0,8 - 0,8 \cdot 0,25 = 0,6$ , idet sandsynligheden for at blive to år kun er 0,8, hvortil kommer sandsynligheden for at dø som toårig er 0,25. Endelig fås  $s(0+4) = 0,6 - 0,6 \cdot 0,33 = 0,4$  og  $s(0+5) = 0,4 - 0,4 \cdot 0,5 = 0,2$ .

Tilsvarende kan den aldersbetingede sandsynlighed for en etårig for at blive et år ældre beregnes som  $s(1+1) = 1,0 - 0,2 = 0,8$  - nemlig én fratrukket sandsynligheden for at dø som etårig  $p(1) = 0,2$ . De øvrige aldersbetingede overlevelsessandsynligheder for den etårige beregnes som sandsynligheden for at blive det pågældende antal år ældre fratrukket sandsynligheden for at dø for den hertil svarende aldersgruppe. Sandsynligheden for en etårig at blive ét år ældre - dvs. to år - er 0,8, og da sandsynligheden for at dø som toårig er 0,25, fås sandsynligheden for at blive to år ældre som  $s(1+2) = 0,8 - 0,8 \cdot 0,25 = 0,6$ .

Den treårige har kun en sandsynlighed på 0,67 for at blive et år ældre, dvs. 4 år, idet sandsynligheden for at dø som treårig er 0,33. Sandsynlig-

heden for at blive to år ældre er herefter  $0,67$  fratrukket den andel  $0,5$  af de fireårige, som dør -  $s(3+2) = 0,67 - 0,67 \cdot 0,25 = 0,33$ .

De aldersbetingede sandsynligheder for at dø kan endelig som i *Tabel 1.3* udtrykkes som, hvor store andele af de forskellige aldersgrupper der bliver et forskelligt antal år ældre. Da sandsynligheden for at dø som etårig er  $0,2$ , er der altså en andel på  $0,2$  af de nulårige, som kun bliver ét år ældre. Den resterende andel på  $0,8$  bliver alle to år ældre; men heraf vil en andel på  $0,25$  dø, således at en andel af de nulårige på  $0,8 \cdot 0,25 = 0,2$  altså kun bliver to år ældre. Den resterende andel på  $1 - 0,2 - 0,2 = 0,6$  bliver alle tre år ældre; men heraf dør en andel på  $0,33$ , således at en andel på  $0,6 \cdot 0,33 = 0,2$  af de nyfødte altså når at blive tre år ældre.

Tabel 1.3 Overlevelsestabell - andel af befolkningen i forskellige aldersgrupper der bliver et forskelligt antal år ældre.

	Andele af personer i forskellige aldre der bliver et forskelligt antal år ældre				
	1 år	2 år	3 år	4 år	5 år
0-årig	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
1-årig	0,20	0,20	0,20	0,20	
2-årig	0,25	0,25	0,25		
3-årig	0,33	0,33			
4-årig	0,50				

Af de toårige dør en andel på  $0,25$ . Den resterende andel på  $0,75$  bliver alle ét år ældre, dvs. tre år. Heraf dør imidlertid en andel på  $0,33$ , således at en andel på  $0,25$  af de toårige kun bliver ét år ældre. Den resterende andel på  $0,5$  bliver alle yderligere et år ældre, nemlig fire år. Af disse dør en andel på  $0,5$ , således at en andel på  $0,25$  af de toårige må forventes kun at blive to år ældre. den tilbageværende andel på  $0,25$  kan forvente at blive tre år ældre, inden de dør som femårige.

### 1.2.3 Beregning af forventede restlevetider og mistede leveår ved en ændring i de aldersbetingede sandsynligheder for at dø

Oplysningerne i *Tabel 1.2* og *Tabel 1.3* kan benyttes til at beregne forventede restlevetider for de forskellige aldersgrupper. Dette er vist i *Tabel 1.4* og *Tabel 1.5*.

Tabel 1.4 Beregning af forskellige aldersgruppers forventede restlevetider ud fra aldersbetingede overlevelsessandsynligheder.

	Aldersbetingede overlevelsessandsynligheder					Forventede restlevetider $L_f(a) = \sum s(a+t)$
	$s(a+t)$					
	1 år	2 år	3 år	4 år	5 år	
0-årig	1,00	0,80	0,60	0,40	0,20	3,0 år
1-årig	0,80	0,60	0,40	0,2		2,0 år
2-årig	0,75	0,50	0,25			1,5 år
3-årig	0,67	0,33				1,0 år
4-årig	0,50					0,5 år
I alt forventet restlevetid ved én person i hver alder						8,0 år

I *Tabel 1.4* er de forventede restlevetider  $L_f(a)$  for personer med forskellig alder  $a$  beregnet ud fra oplysningerne om de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder i levetidstabellen *Tabel 1.2*. Restlevetiderne er beregnet som  $L_f(a) = \sum s(a+t)$  - dvs. som en sum af de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder  $s(a+t)$ . Det ses, at nyfødte personer kan

forvente af leve endnu  $3,0$  år, mens treårige personer kun kan forvente at leve endnu  $1,0$  år. Hvis der antages at være en person i hver aldersgruppe, vil de i alt kunne forvente at leve  $8,0$  år endnu. Dette udtrykkes ofte som, at de har  $8$  forventede leveår foran sig. Det er imidlertid klart, at dette tal afhænger af, hvor mange personer der er i live og deres alderssammensætning.

De forventede restlevetider kan også beregnes ud fra oplysningerne i overlevelsestabellen i *Tabel 1.3* om andelen af befolkningen i forskellige aldersgrupper, der lever et forskelligt antal år  $t$  længere. Dette er vist i *Tabel 1.5*, hvor de forventede restlevetider er beregnet som de med andelen  $a \cdot (a+t)$  vægtede summer af de mulige restlevetider  $L_f(a) = \sum a(a+t) \cdot t$ .

Tabel 1.5 Beregning af forskellige aldersgruppers forventede restlevetider ud fra andel af befolkningen i forskellige aldersgrupper der bliver et forskelligt antal år ældre.

	Andele af personer i forskellige aldre der bliver et forskelligt antal år ældre $a(a+t)$					Forventede restlevetider
	1 år	2 år	3 år	4 år	5 år	$L_f(a) = \sum a(a+t) \cdot t$
0-årig	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	$0,2 \cdot 1 + 0,2 \cdot 2 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 3,0$ år
1-årig	0,20	0,20	0,20	0,20		$0,2 \cdot 1 + 0,2 \cdot 2 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 = 2,0$ år
2-årig	0,25	0,25	0,25			$0,25 \cdot 1 + 0,25 \cdot 2 + 0,25 \cdot 3 = 1,5$ år
3-årig	0,33	0,33				$0,33 \cdot 1 + 0,33 \cdot 2 = 1,0$ år
4-årig	0,50					$0,5 \cdot 1 = 0,5$ år
I alt forventet restlevetid ved én person i hver alder						8,0 år

Endelig kan de i *Tabel 1.4* og *Tabel 1.5* illustrerede beregningsmetoder benyttes til at beregne konsekvenserne for personernes forventede restlevetider og dermed tabet af forventede leveår ved en ændring i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder. Hvis disse, ligesom i regneksemplet i *afsnit 1.2.1*, reduceres med  $10$  procentpoint for en etårig, har det konsekvenser for de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder og forventede restlevetider. Konsekvenserne er angivet i *Tabel 1.6*. De ændrede overlevelsessandsynligheder er resultatet af, at de aldersbetingede sandsynligheder for at dø er ændret på følgende måde:

$$p(1) = 0,30$$

$$p(2) = 0,29$$

$$p(3) = 0,40$$

$$p(4) = 0,66$$

$$p(5) = 1,00$$

Tabel 1.6 Beregning af forskellige aldersgruppers forventede restlevetider ved en ændring på 10 procentpoint i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder for en etårig person - metoden fra Tabel 1.4.

	Aldersbetingede overlevelsessandsynligheder $s(a+t)$					Forventede restlevetider $L_f(a) = \sum s(a+t)$
	1 år	2 år	3 år	4 år	5 år	
0-årig	1,00	0,70	0,50	0,30	0,10	2,6 år
1-årig	0,70	0,50	0,30	0,1		1,6 år
2-årig	0,71	0,43	0,15			1,3 år
3-årig	0,60	0,20				0,8 år
4-årig	0,34					0,3 år
I alt forventet restlevetid ved én person i hver alder						6,6 år

Det ses herefter, at ændringerne for en nulårig person reducerer dennes forventede restlevetid fra 3,0 år til 2,6 år - altså med 0,4 år. For en etårig person sker der også en ændring i den forventede restlevetid på 0,4 år fra 2,0 år til 1,6 år. En to-, tre- og fireårig person mister derimod med den antagne reduktion i overlevelsessandsynlighederne kun 0,2 år. I alt mister personerne  $8,0 - 6,6 = 1,4$  forventede leveår

Det samme resultat opnås ved at benytte fremgangsmåden i Tabel 1.5. I så fald er det dog nødvendigt først at omsætte ændringen i de aldersbetingede sandsynligheder for at dø til andele af befolkningen i forskellige aldersgrupper, der bliver et forskelligt antal år ældre. Resultatet af disse beregninger er vist i Tabel 1.7. Det ses, at der ved at følge fremgangsmåden fra Tabel 1.5 nås det samme antal mistede leveår som ved at følge metoden fra Tabel 1.4.

Tabel 1.7 Beregning af forskellige aldersgruppers forventede restlevetider ved en ændring på 10 procentpoint i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder for en etårig person - metoden fra Tabel 1.5.

	Andele af personer i forskellige aldre der bliver et forskelligt antal år ældre $a(a+t)$					Forventede restlevetider $L_f(a) = \sum a(a+t) \cdot t$
	1 år	2 år	3 år	4 år	5 år	
0-årig	0,30	0,20	0,20	0,20	0,10	$0,2 \cdot 1 + 0,2 \cdot 2 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 2,6$ år
1-årig	0,20	0,20	0,20	0,10		$0,2 \cdot 1 + 0,2 \cdot 2 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 = 1,6$ år
2-årig	0,29	0,29	0,15			$0,29 \cdot 1 + 0,29 \cdot 2 + 0,15 \cdot 3 = 1,3$ år
3-årig	0,39	0,20				$0,39 \cdot 1 + 0,20 \cdot 2 = 0,8$ år
4-årig	0,34					$0,34 \cdot 1 = 0,3$ år
I alt forventet restlevetid ved én person i hver alder						6,6 år

Fremstillingen i afsnit 1.1 og beregningseksemplerne her i afsnit 1.2 viser, at der er grund til at skelne mellem de demografiske konsekvenser på langt sigt og på kort sigt. Konsekvenserne af ændrede ydre levevilkår rammer på langt sigt fremtidige personer med fuld styrke. De vil opleve den maksimale reduktion i den forventede levealder og i det årlige antal af personer i samfundet. De nulevende personer rammes i de fleste tilfælde i mindre end maksimalt omfang af disse reduktioner. Dette bør tages i betragtning, når konsekvenserne for overlevelsessandsynlighederne og dødsrisikoen af at ændre de ydre levevilkår ønskes prissat.

I det følgende skal forskellige måder at beskrive ændringen i dødsrisikoen omtales nærmere. Det drejer sig om:

- Ændring i overlevelsesfunktionen eller overlevelsessandsynlighederne.
- Ændring i den forventede levetid.
- Ændring i antallet af døde af en bestemt årsag.

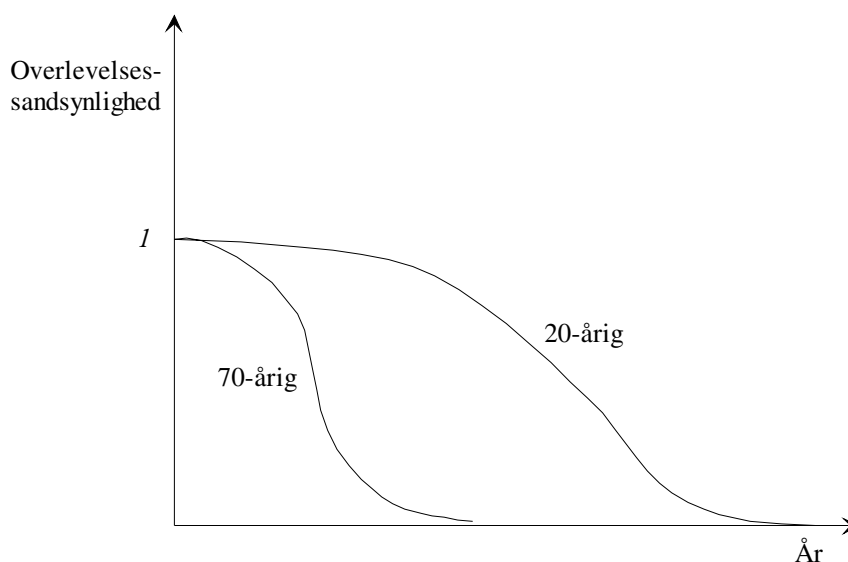
### 1.3 Ændring i overlevelsesfunktionen eller overlevelsessandsynlighederne

Den mest fuldstændige beskrivelse af ændringen i risikoen for at dø opnås ved at angive ændringen i en persons *overlevelsesfunktion*. Denne angiver for hvert fremtidigt år  $t$  personens  $j$ 's *overlevelsessandsynlighed*  $s(a_j + t)$  for at leve i det pågældende år, når personen i år 0 har alderen  $a_j$ .

Overlevelsesfunktionens form afhænger af en række forskellige forhold:

- Personlige forhold - alder, medfødte sundhedsegenskaber og livsstil,
- Ydre forhold - miljøforhold, trafiksikkerhed og andre samfundsforhold.

Overlevelsesfunktionens form afhænger først og fremmest af personens alder. Overlevelsesfunktionen for en 20-årig person, der kan forvente at leve 60 år endnu, er selvsagt forskellig fra overlevelsesfunktionen for en 70-årig, der måske kun kan forvente at leve 15 år endnu. I *Figur 1.1* er der angivet eksempler på overlevelsesfunktioner for en hhv. 20-årig og 70-årig person. Begge kurver er konstrueret i et givet år 0, hvor begge personer antages at leve. For hvert af de følgende år angives sandsynligheden for, at personen stadig er i live det pågældende år.



Figur 1.1 Overlevelsesfunktioner for 20-årig og 70-årig.

Den enkelte persons overlevelsesfunktion afhænger endvidere af andre helt personlige forhold såsom sundhedstilstand og livsstil. Disse forhold ses der bort fra i denne rapport, hvor fremstillingen koncentrerer om repræsentative personer i hver aldersgruppe.

Foruden de personlige forhold afhænger overlevelsesfunktionen også af en lang række ydre omstændigheder for personens daglige livsførelse - i det følgende benævnt *de ydre levevilkår*. Helt centralt i denne forbindelse står miljøforhold, arbejdsmiljøforhold og trafikikkerhed; men også andre samfundsmæssige forhold kan være væsentlige - f.eks. den generelle sikkerhedssituation og geografisk relaterede klimaforhold. Endelig ændrer de aldersbetingede overlevelsesfunktioner sig over tid, bl.a. i takt med den sundhedsvidenskabelige udvikling. Denne rapport koncentrerer sig om ændring i miljøforhold og trafikikkerhed, da det især er ændringer i disse ydre omstændigheder, som ønskes prissat i forbindelse med velfærdsøkonomiske vurderinger.

Ændres personernes ydre levevilkår gennem samfundets omallokering af ressourcer - ændret omfang og sammensætning af de økonomiske aktiviteter - får det konsekvenser for de enkelte personers overlevelsesfunktioner. Dette udtrykkes oftest som "ændret risiko for at dø" eller "ændring i det forventede antal døde" i de forskellige år. Konsekvenserne udtrykkes også undertiden som "antal mistede leveår". Sådanne beskrivelser giver imidlertid i mange tilfælde et højst ufuldkomment billede af de grundlæggende konsekvenser af at ændre de ydre levevilkår. Som eksempel herpå kan man sammenligne ændringen i overlevelsesfunktionen ved at forringe trafikikkerheden med ændringen i funktionen ved at forringe luftkvaliteten.

En forringelse af trafikikkerheden må som udgangspunkt forventes at føre til den samme reduktion i overlevelsessandsynligheden for alle personer i alle fremtidige år. Der er tale om en parallelforskydning af personernes overlevelsesfunktioner. Dette manifesterer sig allerede fra år 0 i en stigning i det forventede årlige antal trafikofre og på kort sigt også i det samlede årlige antal døde. På længere sigt, når den nye ligevægtstilstand er indtruffet, er det samlede årlige antal døde uændret i forhold til udgangssituationen. Personerne vil opleve forskellige ændringer i deres forventede restlevetid afhængigt af deres alder på tidspunktet for trafikikkerhedsændringen.

Ved en forringelse af luftkvaliteten sker der ikke nødvendigvis en reduktion i overlevelsessandsynlighederne på kort sigt. Dette skyldes at latens-tiden for forskellige former for luftkvalitetsændringer kan være ganske lang. En række ældre personer vil i så fald slet ikke opleve en ændring i deres overlevelsesfunktion. For yngre mennesker, der skal leve med luftkvalitetsforringelsen i mange år, vil funktionen derimod blive ændret. Disse personer vil opleve, at overlevelsessandsynlighederne for en række fremtidige år bliver reduceret. En forringelse af luftkvaliteten manifesterer sig selvsagt også i en overgangsperiode i en stigning i antallet af dødsfald i de enkelte år; men dette vil først ske efter en årrække, når konsekvenserne af luftkvalitetsændringen slår igennem. Ændringen i overlevelsessandsynlighederne kan også udtrykkes som en ændring i den forventede restlevetid; men dette vil kun ske for yngre personer, som skal leve med luftkvalitetsændringen i adskillige år.

## 1.4 Ændring i den forventede levetid

Selvom en ændring i overlevelsesfunktionen må anses for den mest præcise beskrivelse af en ændring i dødsrisikoen, er det ikke nødvendigvis den mest relevante. For det første er det måske ikke altid muligt at beskrive ændringens konsekvenser præcist. Beskrivelsen af ændringen i overlevelsesfunktionen kræver således en angivelse af ændringen i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder for hvert af de fremtidige mulige leveår. For det andet er personers forventninger til deres fremtidige forbrug og nytte måske ikke direkte knyttet til de specifikke sandsynligheder for at leve  $t$  år længere, men snarere til en forventning om restlevetidens længde. Dette har betydning for livstidsnyttfunktionens form og dermed for, hvorledes ændringen i dødsrisikoen skal værdisættes. Dette sker måske mere korrekt med udgangspunkt i en angivelse af ændringen i den forventede restlevetid for de berørte personer end med udgangspunkt i præcist angivne ændringer i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder.

Ændringen i den forventede restlevetid kan som angivet i *afsnit 1.1* beregnes på grundlag af ændringerne i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder; men den omvendte beregning er ikke mulig. En given ændring i den forventede restlevetid kan således være resultatet af mange forskellige ændringer i overlevelsessandsynlighederne. En ændring i trafiksikkerheden, som øjeblikkeligt slår ud i ændringer i overlevelsessandsynlighederne, kan udmærket tænkes at indebære den samme ændring i en persons forventede levetid som en luftkvalitetsændring, hvis konsekvenser for overlevelsessandsynlighederne først viser sig efter en årrække.

Derfor er en angivelse af ændringen i dødsrisikoen som en ændring i den forventede restlevetid ikke en særlig præcis beskrivelse. Hertil kommer, at de berørte personer måske nok primært er interesseret i, hvorledes ændringen i de ydre levevilkår påvirker deres forventede restlevetid, men alligevel ikke er helt indifferente med hensyn til, om det sker ved, at overlevelsessandsynlighederne ændres allerede fra år 0 eller først efter en årrække.

Undertiden udtrykkes en ændring i de berørte personers forventede restlevetid også som et antal vundne eller mistede leveår. For hver person svarer en reduktion i den forventede levetid selvsagt til et lignende antal mistede leveår. Disse tal lægges imidlertid også ofte sammen til et samlet antal mistede leveår for alle personerne. Dette tal multipliceres herefter sammen med *værdien af et leveår (VOLY)* til en samlet værdi af stigningen i dødsrisikoen - jf. *Kapitel 4*.

Man skal imidlertid være forsigtig med at anvende denne fremgangsmåde. Det samlede antal mistede leveår afhænger således af, hvor mange personer der antages at blive udsat for ændringen i dødsrisikoen. Det nulevende antal personer, som udsættes herfor, er ganske vist altid specificeret - ellers er det ikke muligt at gennemføre den velfærdsøkonomiske værdisætning - men det specificeres ikke altid, hvor mange fremtidige personer, der er omfattet af analysen. Hvis der er tale om en varig ændring i dødsrisikoen, påvirkes også disse personers forventede leve-

tid, og de mister også et antal leveår. Herved kommer det samlede antal mistede leveår til at afhænge af, hvor mange fremtidige år og dermed fremtidige personer man lader analysen dække.

I forbindelse med velfærdsøkonomiske analyser af ændringer i dødsrisikoen er det altså på den ene side vigtigt at angive, hvorledes forskellige aldersgrupper overlevelsessandsynligheder eller forventede restlevetider påvirkes. På den anden side understreger de ovenstående betragtninger også vigtigheden af samtidig at angive tidshorizonten for analysen. Denne er nemlig bestemmende for antallet af personer - herunder fremtidige personer - som udsættes for en ændring i dødsrisikoen.

## 1.5 Ændring i antal døde af en bestemt årsag

Undertiden udtrykkes den forventede ændring i dødsrisikoen som en ændring i det antal personer pr. 1000 personer, der vil dø af en bestemt årsag i hvert af de kommende år. F.eks. udtrykkes konsekvensen for dødsrisikoen af en ændring i trafiksikkerheden ofte som, at det årlige antal døde i trafikken vil ændres med så og så mange personer. Der er tale om den mest upræcise beskrivelse af ændringen i dødsrisikoen. Oplysningen er ikke nødvendigvis forkert; men det er ikke klart, hvad ændringen betyder for den enkelte persons dødsrisiko.

Personen har ingen mulighed for at regne sig fra en årlig stigning i antallet af døde af en bestemt årsag til en ændring i personens fremtidige overlevelsessandsynligheder. Risikoen for at dø af den angivne årsag er ganske vist steget; men så må risikoen for at dø af andre årsager i nogen grad være faldet. Dette skyldes, som omtalt i *afsnit 1.1*, at det samlede årlige antal døde bortset fra i en overgangsperiode vil være uændret.

Den enkelte person har heller ikke mulighed for at vurdere, hvor meget stigningen i antallet af dødsfald af den angivne årsag betyder for vedkommendes forventede levetid. F.eks. er det muligt, at 100 flere døde i f.eks. trafikuheld giver anledning til flere tabte leveår end 100 flere døde af kræft. Trafikuheld rammer personer i alle aldre, mens kræft måske især rammer ældre.

Der er imidlertid en praktisk fordel ved at udtrykke ændringen i dødsrisikoen som en ændring i det årlige antal døde af en bestemt årsag. En sådan beskrivelse er nemlig helt parallel til beskrivelsen af projektets øvrige reale konsekvenser, som også opgøres på årsbasis. Ændringen i antallet af døde multipliceres herefter med *værdien af et statistisk liv (VSL)* til en samlet årlig værdi af ændringen i dødsrisikoen - jf. *Kapitel 3*. Fremgangsmåden er dog højst diskutabel. *VSL* kan næppe være dækkende i alle sammenhænge, hvor årsagerne til stigningen i antal døde kan være vidt forskellige. Dermed kan nemlig også aldersfordelingerne og antallet af mistede leveår for dem, der dør af de forskellige årsager, være helt forskellige.

På denne baggrund bør man så vidt muligt afholde sig fra at udtrykke ændringen i dødsrisikoen som en ændring i det årlige antal af døde af en bestemt årsag. Det kan føre den efterfølgende velfærdsøkonomiske



værdisætning på vildspor og under alle omstændigheder vanskeliggøre den betydeligt - jf. i øvrigt *Kapitel 3*.

## 1.6 Akutte og kroniske dødsfald

Det fremgår af *afsnit 1.1*, at en ændring i dødsrisikoen både har *kortsigtede* og *langsigtede demografiske konsekvenser*. Dette hænger sammen med, at overlevelsesfunktionen for forskellige nulevende aldersgrupper samt for fremtidige personer påvirkes forskelligt af den forårsagende ændring i de ydre levevilkår. Der er derfor grund til at skelne mellem dødsrisikoændringens kortsigtede konsekvenser for nulevende personer og dens langsigtede konsekvenser for fremtidige personer.

På kort sigt oplever nulevende personer at skulle leve med en øget risiko for at dø, inden de når bestemte alderstrin. Deres forventede restlevetid reduceres i forhold til, hvad de ellers havde forventet; men normalt ikke så meget som for en nyfødt eller fremtidig person. Derfor er det nødvendigt over for de nulevende personer i forskellige aldersgrupper konkret at beskrive, hvorledes deres overlevelseskurve påvirkes. Dette kan også udtrykkes som et mistet antal leveår for den pågældende aldersgruppe.

De langsigtede konsekvenser for fremtidige personer kan derimod beskrives under et. Alle fremtidige personer, der oplever den samme ændring i de ydre levevilkår, vil opleve samme ændring i deres overlevelsesfunktion og forventede levetid - ændringer, som ved varige ændringer i de ydre levevilkår, normalt vil være større end for nulevende personer. De fremtidige personer vil også opleve den fulde reduktion i antallet af levende personer i det enkelte år. Mange nulevende personer vil kun opleve, at befolkningstallet som følge af den øgede dødsrisiko reduceres år for år, indtil det nye reducerede antal personer i ligevægt nås. Antallet af personer, der bliver sat i verden og får et liv er ganske vist det samme uanset ændringen i dødsrisikoen, men deres forventede levetid vil være kortere, og der vil være færre i live i det enkelte år. Det skal ikke diskuteres her, hvorvidt denne konsekvens for befolkningstallet er velfærdsøkonomisk relevant.

I den internationale litteratur vedrørende beskrivelsen af ændringer i dødsrisikoen skelnes ofte mellem *akutte dødsfald* og *kroniske dødsfald*. Sprogbrugen er, som det angives i AEA Technology Environment (2005, s. 19) misvisende. Med akutte dødsfald menes således dødsfald, der udløses af en midlertidig (akut) ændring af levevilkårene, og som finder sted inden for 40 dage efter den midlertidige levevilkårsændring. Det er altså denne, som er akut, mens dødsfaldet i sagens natur er varigt. Kroniske dødsfald udløses derimod af en varig ændring i de ydre levevilkår, og disse dødsfald kan finde sted efter mange års påvirkning heraf. Det kroniske sigter altså ligesom det akutte til varigheden af ændringen i levevilkårene og ikke til dødsfaldet.

Den anførte skelnen er formentlig opstået som et resultat af den måde, hvorpå de statistiske sundhedsvidenskabelige undersøgelser er blevet gennemført. I følge AEA Technology Environment (2005) har de fleste undersøgelser vedrørt konsekvenserne for dødsrisikoen af kortvarige

ændringer i de ydre levevilkår. Disse sammenhænge benævnes enten *dose response*, *exposure response* eller *concentration response functions*. I det følgende benyttes den danske betegnelse for *dose response* funktion, *dosis respons-funktion*, idet de to andre benævnelser især synes at være relateret til sammenhænge mellem forskellige former for luftforurening og sundhedsmæssige risici.

De udledte dosis respons-funktioner vedrører altså primært konsekvenser af kortvarige dvs. akutte ændringer i levevilkårene. Dette er formentlig forklaringen på den ellers uforklarlige fokusering på ændringen i antallet af døde. Ved en kortvarig forværring af de ydre levevilkår - f.eks. en giftkatastrofe - sker der på kort sigt en stigning i antallet af døde, hvorefter de demografiske forhold på længere sigt vender tilbage til de hidtidige forhold.

Langt færre undersøgelser har vedrørt konsekvenserne af varige ændringer i levevilkårene, og man må for den enkelte type af ændringer i levevilkårene - f.eks. den enkelte type af luftforurening - gå ud fra, at dosis respons-funktionen for en varig ændring er væsentlig forskellig fra funktionen for en kortvarig ændring. Dette gør imidlertid ingen forskel med hensyn til måden, hvorpå ændringen i dødsrisikoen beskrives. Uanset om den er resultatet af en kortvarig eller varig ændring i levevilkårene, bør ændringen i dødsrisikoen beskrives ved en ændring i overlevelseskurven. Denne ændring kan så være meget forskellig afhængigt af arten og varigheden af de levevilkårsændringer, der forårsager den.

Ved en kortvarig forværring af levevilkårene er det kun nulevende personers overlevelseskurve, der påvirkes. Der er tale om en kortvarig stigning i risikoen for at dø. Risikoændringen kan udmærket variere mellem personer, således at visse aldersgrupper eller grupper af personer med særlige sygdomme oplever en særlig stor stigning i dødsrisikoen. Det afgørende er, at det kun er nulevende personer, som berøres af de akut ændrede vilkår, og ikke mindst, at overlevelsesfunktionen for de personer, der overlever de midlertidigt forværrede vilkår, herefter vil være uændret i forhold til tidligere. Den langsigtede demografiske ligevægt vil også være uændret. Konsekvensen af den akutte forværring i levevilkårene er altså, at en række nulevende personer i en kort periode skal leve med en forøget risiko for at dø. Resultatet heraf er, at en del af personerne dør tidligere end forventet og derved mister et antal leveår i forhold til deres hidtil forventede levetid.

Det, der skal prissættes, er altså enten den midlertidigt øgede risiko for at dø for de berørte personer eller tabet af nytte i det antal leveår, som de personer, der faktisk dør, mister. Dette kan også udtrykkes som tabet af livstidsnytte for de personer, som dør tidligere end forventet. Spørgsmålet er, om der er en sammenhæng mellem disse prissætningstilgange. Problemstillingen behandles i *Kapitel 3 - 5*.

Ved en varig forværring af levevilkårene er det både nulevende og fremtidige personers overlevelseskurver, der påvirkes, og der er tale om varige ændringer af kurverne. Konsekvenserne heraf kan herefter enten beskrives som en ændring i sandsynligheden for at opnå bestemte aldre, som en ændring i sandsynligheden for at dø i de enkelte år over livsfor-

løbet eller mindre fuldstændigt som det hermed forbundne antal mistede forventede leveår for hhv. nulevende og fremtidige personer. Det er nødvendigt at skelne mellem konsekvenser for nulevende og fremtidige personer, fordi nogle af de nulevende personer kun udsættes for de ændrede levevilkår i et mindre antal år og derfor muligvis slet ikke oplever en øget dødsrisiko. Fremtidige personer udsættes derimod for de ændrede levevilkår lige fra fødslen og vil derfor opleve den maksimale ændring i den forventede levetid. Det synes derfor nødvendigt både at opstille dosis respons-funktioner for forskellige aldersgrupper af nulevende personer og for fremtidige personer.

Dosis respons-funktionerne for forskellige aldersgrupper af nulevende personer må ligesom for akutte levevilkårsændringer baseres på observationer af, hvorledes gruppernes overlevelsessandsynligheder påvirkes. Som dosis respons-funktion for fremtidige personer kan benyttes den funktion, der observeres for nyfødte. På basis af de opstillede funktioner kan der herefter, hvis det anses for relevant, beregnes, hvor meget den forventede levetid for hver af de nulevende og fremtidige personer reduceres. Hvis prissætningen baseres på de beregnede tab af livstidsnytte, vil det ved kroniske ændringer af levevilkårene i høj grad være fremtidige personers tab af forventet livstidsnytte, der dominerer prissætningen. Ved akutte ændringer er det derimod udelukkende nulevende personers tab, der har betydning for prissætningen.

Det kan ikke forventes, at de statistiske erfaringer vedrørende akutte levevilkårsændringers konsekvenser for dødsrisikoen kan anvendes i forbindelse med opgørelsen af konsekvenserne af kroniske ændringer i levevilkårene. Konsekvenserne af varige ændringer kan formentlig sjældent opgøres som summen af midlertidige ændringer. Nogle former for levevilkårsændringer har måske slet ingen registrerbare konsekvenser for dødsrisikoen, hvis de er midlertidige. De har kun konsekvenser, hvis de er varige.

## 1.7 Eksempler på dosis respons-funktioner

### 1.7.1 Akutte dødsfald

Det er som omtalt i *afsnit 1.6* især den kortsigtede stigning i antallet af døde (nulevende personer dør tidligere end forventet) som kan observeres, og som i de fleste tilfælde danner grundlag for sundhedsvidenskabelige statistiske undersøgelser af sammenhænge mellem ændringer i de ydre levevilkår og risikoen for at dø. De statistiske undersøgelser baseres i sagens natur på observerede ændringer i dødsrisikoen for forskellige aldersgrupper. Ændringerne viser sig ved, at når der f.eks. med udgangssituationens overlevelsessandsynligheder  $s(a+t)$  forventes at dø  $p(a)$  pct. af personerne i aldersgruppen  $a$ , så vil der i den nye situation dø  $(p(a) + \Delta p(a))$  pct. Antallet af døde i den enkelte aldersgruppe ændres derfor også - både fordi risikoen for at dø ændres, og fordi antallet af overlevende i de enkelte aldersgrupper ændres. Derimod ændres det samlede antal af døde i det enkelte år kun på kort sigt. På længere sigt vil dette tal som omtalt være uændret. Det er derfor væsentligt at holde fast i, at det er sammenhængen mellem ændringer i de ydre levevilkår

og ændringen i overlevelsessandsynlighederne, som (bør) beskrives ved dosis respons-funktionerne - og ikke sammenhængen mellem ændringer i de ydre levevilkår og ændringen i det samlede antal døde.

På denne baggrund er det uheldigt, at man i det internationale arbejde med prissætning af ændringer i dødsrisikoen ofte udtrykker dosis respons-sammenhængen ved en stigning i antallet af dødsfald.

- Antallet af trafikdræbte vil stige med  $x$  personer om året.
- Antallet af døde som følge af en forværring af luftkvaliteten vil stige med  $y$  pct. om året (eksempelvis følgende dosis respons-sammenhæng for procentvis ændring i antal dødsfald):  
 $y = 0,068$  pct. pr.  $10$  microgram /  $m^3$  stigning i  $PM_{2,5}$   
- jf. AEA Technology Environment (2005, s. 10).
- Antallet af "for tidligt døde" i Europa som følge af partikelforurening vil være ca. 271.000 personer i 2020 - Commission of European Communities (2005, s. 37).

Disse udtryksformer kan, som angivet ovenfor, være misvisende. Ændringen i det samlede antal af årlige dødsfald af en given årsag giver således ikke et fyldestgørende billede af konsekvenserne. Ud fra ændringen i det årlige antal trafikdræbte er det således ikke umiddelbart muligt at udlede, hvorledes sandsynligheden for at dø for forskellige aldersgrupper påvirkes. Det årlige antal personer, der dør af andre årsager reduceres måske ved, at flere personer nu dør i trafikken. Hvis man imidlertid antager, at det årlige antal døde af andre årsager er uændret, og at alle aldersgrupper oplever samme ændring i dødsrisikoen - f.eks. ved at det bliver farligere at køre på visse vejstrækninger - kan man ud fra oplysningen om den forventede kortsigtede stigning i antallet af trafikdræbte beregne, hvilken ændring i de aldersbetingede sandsynligheder for at dø og overlevelsessandsynligheder dette er resultatet af. Disse konsekvenser udgør et langt bedre grundlag for den videre værdisætning af ændringen i dødsrisikoen end ændringen i antal døde af en bestemt årsag.

Den angivne dosis respons-funktion for den procentvise ændring i antallet af døde som følge af partikelforurening vedrører *akutte dødsfald* - dvs. ændringen i antal dødsfald som følge af en kortere varig ændring af partikelforureningen, jf. *afsnit 1.6*. Dosis respons-funktionen kan derfor kun anvendes i sådanne situationer og ikke ved beskrivelse af konsekvenserne af varige ændringer i luftkvaliteten. Ved kortvarige ændringer i partikelforureningen synes det meningsfuldt at tale om en heraf følgende stigning i antallet af døde. Ganske vist vil det årlige antal døde efterfølgende i en årrække være mindre end normalt; men dette kan man måske se bort fra, hvis dem der overlever den kortvarige partikelforurening i øvrigt dør som forventet. For at gennemføre den videre velfærdsøkonomiske analyse er det dog nødvendigt at have en ide om, hvor mange der inden for forskellige aldersgrupper vil dø. Hermed er det nemlig muligt at beregne, hvor mange leveår de forskellige personer mister. Dette kan have betydning for den livstidsnyttebaserede værdisætning af dødsrisikoændringen - jf. *Kapitel 2*.

Oplysningen om "antallet af for tidligt døde", som det angives i den ovennævnte rapport, er vanskeligere at give en meningsfuld fortolkning. Udsagnet kan formentlig bedst fortolkes som, at hvis partikelforureningen i år 2020 forværres akut i et bestemt omfang, vil 271.000 personer dø for tidligt. Ved en varig ændring i de ydre levevilkår vil alle såvel nulevende som fremtidige personer nemlig dø for tidligt. Bortset fra hvis det kun er personer med særlige medfødte dispositioner, der rammes af de ændrede levevilkår. I så fald kan man sige, at kun disse specifikke personer dør for tidligt. I alle andre tilfælde indebærer en varig ændring i levevilkårene, at alle personer i gennemsnit vil få et kortere liv end før levevilkårene blev forringet. De dør altså alle i gennemsnit "for tidligt" i forhold til før levevilkårsforringelsen.

Hvis derimod oplysningen om antallet af for tidligt døde fortolkes som en oplysning om, at et stort antal personer vil dø tidligere end forventet som følge af en kortvarig ændring i de ydre levevilkår, giver oplysningen bedre mening. I så fald vil antallet af for tidlige dødsfald svare til ændringen i antallet af døde af en bestemt årsag - jf. omtalen af stigningen i akutte dødsfald ovenfor.

### 1.7.2 Kroniske dødsfald

I nyere arbejder med konsekvenserne af partikelforureningen anvendes følgende dosis respons-funktion for alle personer over 30 år - jf. Jacob Bønnelykke ved seminar på DMU den 5. december 2008). Ændringen i den aldersbetingede sandsynlighed for at dø er

$$(12) \quad \Delta p(a_j) = 0,05 \cdot p(a_j) \text{ pr. } 10 \text{ microgram / m}^3 \text{ stigning i PM}_{2,5}$$

Sandsynligheden for at dø inden for hver aldersgruppe antages altså at stige med 5 pct., når partikelkoncentrationen stiger med 10 microgram / m<sup>3</sup>.

Denne sammenhæng kan benyttes til at beregne antallet af mistede leveår for de personer, som udsættes for stigningen i forureningsomfanget. Dette sker ved at antage en etårig stigning i forureningsomfanget. Herved ændres de aldersbetingede sandsynligheder for at dø for de berørte personer i det pågældende år. I de følgende år antages de aldersbetingede sandsynligheder for at dø at være uændret i forhold til udgangssituationen. Antallet af personer fra den oprindelige population, der er i live i det enkelte fremtidige år, vil være reduceret; men herved vil også færre personer end i udgangssituationen dø i det enkelte år. Der dør flere personer end normalt i året med stigningen i partikelforureningen, og der vil derfor med uændrede aldersbetingede døds sandsynligheder dø færre i hvert af de følgende år.

Beregningen af antallet af mistede leveår sker ved hjælp af en overlevelsestabel. En sådan blev opstillet i beregningseksemplet i afsnit 1.2. Hvis de aldersbetingede sandsynligheder for at dø ændres i overensstemmelse med den angivne dosis respons-funktion, vil de antage følgende værdier:

$$p(1) = 0,21$$

$$p(2) = 0,26$$

$$p(3) = 0,35$$

$$p(4) = 0,53$$

$$p(5) = 1,0$$

Disse værdier er indsat i overlevelsestabellen *Tabel 1.8*, der angiver de aldersbetingede sandsynligheder for at dø efter et forskelligt antal år. Ændringen i luftkvaliteten antages, som nævnt, kun at vare ét år, hvorfor det kun er sandsynlighederne for at dø efter ét år, der ændres. Denne antagelses realisme ved en kronisk ændring i partikelforureningen diskuteres nedenfor.

Tabel 1.8 Overlevelsestabel - aldersbetingede sandsynligheder for at dø efter et forskelligt antal år (5 % stigning i år 1 i forhold til værdierne i Tabel 1.1).

	Aldersbetingede sandsynligheder for at dø efter et forskelligt antal år				
	1 år	2 år	3 år	4 år	5 år
0-årig	0,21	0,25	0,33	0,50	1,00
1-årig	0,26	0,33	0,50	1,00	
2-årig	0,35	0,50	1,00		
3-årig	0,53	1,00			
4-årig	1,00				

De ændrede aldersbetingede sandsynligheder for at dø, er i *Tabel 1.9* og *Tabel 1.10* omsat til hhv. aldersbetingede overlevelsessandsynligheder og aldersbetingende andele af de forskellige aldersgrupper, der vil dø efter et forskelligt antal år. I tabellerne er også beregnet de forskellige aldersgruppers forventede restlevetider.

I udgangssituationen kunne personerne i alt forvente at have 8 leveår foran sig, hvis der antages at være én person i hver aldersgruppe. Stigningen i partikelforureningen indebærer med den givne dosis responsfunktion, at personerne nu kun kan forvente 7,93 leveår. Forureningen betyder altså, at de mister 0,07 leveår.

Tabel 1.9 Beregning af forskellige aldersgruppers forventede restlevetider ud fra aldersbetingede overlevelsessandsynligheder (baseret på de i Tabel 1.8 angivne sandsynligheder for at dø).

	Aldersbetingede overlevelsessandsynligheder					Forventede restlevetider $L_f(a) = \sum s(a+t)$
	$s(a+t)$					
	1 år	2 år	3 år	4 år	5 år	
0-årig	1,00	0,79	0,59	0,40	0,20	2,98 år
1-årig	0,80	0,59	0,40	0,2		1,99 år
2-årig	0,75	0,49	0,24			1,48 år
3-årig	0,67	0,31				0,98 år
4-årig	0,50					0,50 år
I alt forventet restlevetid ved én person i hver alder						7,93 år

Tabel 1.10 Beregning af forskellige aldersgruppers forventede restlevetider ud fra andel af befolkningen i forskellige aldersgrupper der bliver et forskelligt antal år ældre (baseret på de i Tabel 1.8 angivne sandsynligheder for at dø).

	Andele af personer i forskellige aldre der bliver et forskelligt antal år ældre $a(a+t)$					Forventede restlevetider $L_f(a) = \sum a(a+t) \cdot t$
	1 år	2 år	3 år	4 år	5 år	
0-årig	0,210	0,198	0,196	0,199	0,199	2,98 år
1-årig	0,208	0,195	0,198	0,198		1,99 år
2-årig	0,263	0,244	0,244			1,48 år
3-årig	0,355	0,315				0,98 år
4-årig	0,50					0,50 år
I alt forventet restlevetid ved én person i hver alder						7,93 år

Den angivne fremgangsmåde forekommer dækkende, hvis der er tale om en etårig ændring af forureningsomfanget, der påvirker de nulevende personers overlevelsessandsynligheder i dette år. Fremgangsmåden er derimod diskutabel, hvis der er tale om beskrivelse af konsekvenserne af en varig ændring i forureningsomfanget. I dette tilfælde giver fremgangsmåden anledning til følgende spørgsmål:

- Kan man antage at, når en etårig forværring af luftkvaliteten indebærer et givet antal mistede leveår for de nulevende personer, så vil en toårig forværring indebære dobbelt så mange mistede leveår og så fremdeles?
- Hvordan bør den angivne dosis respons-funktion anvendes ved varige ændringer i luftkvaliteten? Kan de 5-pct.'s ændring i de aldersbetingede sandsynligheder for at dø anvendes på alle fremtidige år for den samme person?
- Kan man alene basere beregningerne på den eksisterende befolkningssammensætning, som måske ikke er i ligevægt, eller bør man lægge egentlige demografiske fremskrivninger til grund herfor?

Den i Tabel 1.9 og Tabel 1.10 gennemførte beregning af mistede leveår kan bedst fortolkes som konsekvensen af, at luftkvaliteten i ét år forværres. Den aldersbetingede sandsynlighed for at dø stiger med 5 pct. for alle aldersgrupper i ét år. I de følgende år er de aldersbetingede sandsynligheder for at dø de samme som i udgangssituationen, idet luftkvaliteten igen er tilbage på det oprindelige niveau. Herved mister de berørte nulevende personer 0,07 leveår.

Hvis denne beregning skal kunne anvendes i forbindelse med en varig forringelse af luftkvaliteten, skal man herefter kunne antage, at der vil blive mistet yderligere 0,07 leveår for hvert år forringelsen varer. Det er reelt dette man antager, hvis man benytter resultatet i forbindelse med velfærdsøkonomiske analyser af flerårige ændringer i partikelemissionerne. Her beregnes ofte - ud fra værdien af et leveår VOLY - en velfærdsøkonomisk omkostning pr. mængdemæssig ændring i udledningerne af  $PM_{2,5}$  pr. år - en såkaldt *enhedspris* for  $PM_{2,5}$ . Hvis ændringen i emissionerne varer flere år beregnes ud fra denne enhedspris en omkostning for hvert år.

Det er imidlertid ikke sikkert, at en sådan beregning er dækkende for, hvorledes personers dødsrisiko faktisk påvirkes. Det antages således implicit, at hvert år er en ny situation med en etårig forringelse af luftkvaliteten. Dette rammer de personer som lever i dette år, og antallet og al-

derssammensætningen af disse antages at være uændret år for år. Befolkningen antages at være i ligevægt. Samtidig antages, at den aldersbetingede sandsynlighed for at dø for en bestemt person ændres med 5 pct. for hvert af de kommende år. Den person, der var ét år i år 1, er jo to år i år 2 og så fremdeles. Hvis disse antagelser er opfyldt, vil den angivne fremgangsmåde med god tilnærmelse være dækkende.

Man kan imidlertid rette indvending mod antagelserne på to punkter. For det første kan man ikke være sikker på, at den konstaterede 5 pct.'s reduktion i de aldersbetingede sandsynligheder for at dø ved en etårig stigning i partikkelkoncentrationen kan overføres på de aldersbetingede sandsynligheder for at dø for den samme person for alle fremtidige år - dvs. personens overlevelseskurve forskydes 5 pct. nedad over hele forløbet. For det andet er det ikke sikkert, at befolkningen er i ligevægt.

Disse indvendinger bør nøje overvejes, inden den angivne fremgangsmåde for beskrivelsen af konsekvenserne af en varig levestandardændring anvendes som standard. Det vil klart være at foretrække, hvis dosisrespons-funktionen for en varig ændring i levestandarden kan udformes som specificerede ændringer i såvel nulevende som fremtidige personers overlevelsesfunktioner - dvs. som ændringer i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder for hele det resterende livsforløb. Hvis endvidere antagelsen om, at befolkningen er i ligevægt, ophæves, og der i stedet lægges en egentlig befolkningsfremskrivning til grund for beregningerne, vil disses realisme blive yderligere styrket. Disse anbefalinger gælder både for kortvarige (akutte) ændringer og varige (kroniske) ændringer i levestandarden.

## 1.8 Sammenfatning

En ændring i dødsrisikoen kan beskrives på flere forskellige måder. De adskiller sig i væsentlig grad med hensyn til den præcision, hvormed ændringen beskrives. Samtidig er de empiriske muligheder for at gennemføre beskrivelsen på de forskellige måder også meget varierende. Endelig er de måske ikke alle lige hensigtsmæssige med henblik på den efterfølgende prissætning.

Ændringen i dødsrisikoen kan beskrives på følgende måder:

- Ændring i de aldersbetingede sandsynligheder for at dø eller overlevelsessandsynligheder for såvel nulevende som fremtidige personer.
- Ændrede forventede restlevetider for forskellige aldersgrupper - herunder fremtidige personer.
- Antal mistede leveår for et nøje specificeret antal personer og dermed tidshorisont.
- Ændring i antal døde af bestemt årsag - udvikling i antal døde til ny ligevægt.
- Antal for tidligt døde.
- Ændring i befolkningstallet i hvert år (ved uændret antal personer sat i verden).



Den mest præcise beskrivelse af ændringen i dødsrisikoen for en person er at udtrykke den som en ændring i de aldersbetingede sandsynligheder for at dø eller overlevelsessandsynligheder. De to sæt sandsynligheder kan som vist i *afsnit 1.1* beregnes ud fra hinanden. Ændringen i den aldersbetingede overlevelsessandsynlighed udtrykker en ændring i sandsynligheden for, at personen opnår at blive forskellige antal år gammel - dvs. i sandsynligheden for at være i live i morgen, om ét år, om fem år osv. Denne beskrivelse er dækkende, hvad enten der er tale om en ændring i dødsrisikoen som følge af:

- Enkeltstående eller tidsbegrænset frivillig hændelse - beslutning om f.eks. at gå i krig eller bestige et vanskeligt bjerg.
- Varig frivillig hændelse - beslutning om f.eks. at køre i bil eller påtage sig risikabelt job.
- Varig ufrivillig hændelse – som f.eks. at blive udsat for luftforurening eller stigende vold i samfundet.

Ændringen i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder kan illustreres grafisk ved en ændring i overlevelsesfunktionen for den enkelte berørte person - jf. *afsnit 1.3*.

Beskrivelsen af ændringen i dødsrisikoen ved ændringer i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder må altså anses for den mest præcise. Til gengæld er der sjældent tilstrækkeligt empirisk grundlag for at beskrive konsekvenserne af ændringer i de ydre levevilkår så præcist. De nødvendige dosis respons-funktioner foreligger ikke - jf. *afsnit 1.7*.

Endelig kan det diskuteres, om det er ændringer i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder, som det er relevant at prissætte. Dette afhænger bl.a. af formen på de berørte personers livstidsnyttefunktioner - jf. *Kapitel 2*. Det må imidlertid vurderes, at en beskrivelse af ændringen i dødsrisikoen i form af ændringer i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder, er et godt udgangspunkt for prissætningen, for ændringerne i overlevelsessandsynlighederne kan omregnes til ændringer i andre parametre, som kan være relevante herfor.

Ændringen i dødsrisikoen giver sig også udslag i en ændring i den enkelte persons forventede restlevetid. Denne kan som vist i *afsnit 1.1* og *afsnit 1.2* beregnes som en sum af ændringerne i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder. En given ændring i den forventede levetid kan imidlertid være resultatet af mange forskellige ændringer i overlevelsesfunktionen. Derfor er ændringen i den forventede levetid ikke altid en helt præcist udtryk for ændringen i dødsrisikoen.

Til gengæld er den måske mere relevant i en prissætningsammenhæng. Dette vil være tilfældet, hvis den forventede (rest)levetid i sig selv udgør en bestemmende parameter for personers livstidsnytte - jf. *afsnit 2.2*. Det er imidlertid særdeles vigtigt at være opmærksom, at en beskrivelse af konsekvenserne for den forventede levetid ikke nødvendigvis giver et for prissætningen heraf tilstrækkeligt fyldestgørende billede af ændringen i dødsrisikoen. Problemet er, at en given ændring i den forventede levetid som nævnt kan være resultatet af mange forskellige forskydninger i overlevelseskurven. Det kan udmærket tænkes, at forskydningerne

ikke har samme konsekvenser for den forventede livstidsnytte, selvom de har den samme konsekvens for den forventede levetid. I så fald er det nødvendigt at beskrive hele ændringen i overlevelseskurven for at kunne gennemføre en retvisende prissætning af ændringen i dødsrisikoen - jf. *Kapitel 2*.

Fra et empirisk synspunkt synes der ikke at være den store forskel på at beskrive ændringen i dødsrisikoen som en ændring i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder eller restlevetider. Beskrivelsen af de sidstnævnte kan som nævnt let gennemføres, når de førstnævnte er kendte. Det omvendte er ganske vist ikke tilfældet; men det er spørgsmålet, om der er bedre empiriske muligheder for at beskrive ændringer i de forventede restlevetider ved levevilkårsændringer end for at beskrive ændringer i overlevelsessandsynlighederne.

Undertiden angives konsekvenserne af en ændring i dødsrisikoen som et samlet antal mistede leveår. Et sådant tal vil normalt være resultatet af beregninger ud fra overlevelsestabeller for den eksisterende befolkning - jf. *afsnit 1.2.2* og *afsnit 1.2.3*. For at gennemføre beregningen er det imidlertid nødvendigt at have kendskab til de ændrede levevilkårs betydning for enten de aldersbetingede sandsynligheder for at dø eller overlevelsessandsynligheder. Der stilles altså samme krav til det empiriske grundlag for at kunne beskrive det samlede antal mistede leveår som for at beskrive ændringerne i overlevelsessandsynlighederne. Det er den samme dosis respons-funktion, som skal benyttes.

Hertil kommer, at oplysningen om et samlet antal leveår er betinget af folketallet, befolkningens alderssammensætning og tidshorisonten for opgørelsen. Derfor forekommer denne beskrivelsesform at være bedre egnet til at udtrykke konsekvenserne af korterevarende ændringer i levevilkårene end varige ændringer, der påvirker såvel nulevende som, i princippet, uendeligt mange fremtidige personer.

Angivelsen af et antal mistede leveår sigter direkte mod prissætning af dødsrisikoændringen ud fra værdien af et leveår *VOLY*. Problemerne med denne prissætningsmetode og med at bestemme *VOLY* behandles i *Kapitel 4*.

Den traditionelt almindeligste måde at beskrive ændringen i dødsrisikoen er som en ændring i antallet af døde pr. år. Dette er f.eks. tilfældet på trafikområdet. I en sådan beskrivelse må det være underforstået, at der er tale om en ændring i antallet af døde af en bestemt årsag. Som fremstillingen i *afsnit 1.1* viser, vil det samlede årlige antal dødsfald i en befolkningsligevægt altid være lig med det årlige antal fødsler. Det er kun i overgangen fra én ligevægt til en anden, at det samlede årlige antal døde ændres.

Ændringen i det årlige antal døde af en bestemt årsag er en relativ upræcis beskrivelse af dødsrisikoændringen, når det ikke er specificeret, hvor mange personer der er udsat for risikoændringen og hvilke aldersgrupper der rammes. Man ved således ikke, hvilke ændringer i de aldersbetingede sandsynligheder for at dø der reelt har ført til, at flere dør af en bestemt årsag. Der dør jo så færre af andre årsager. Antallet af mistede

leveår for den enkelte person vil også være meget forskelligt, afhængigt af om stigningen i antal dødsfald især omfatter unge eller ældre personer.

Er beskrivelsen upræcis, er den til gengæld ofte empirisk velfunderet. Betydning for det årlige antal trafikdræbte af foranstaltninger på trafikområdet er i mange tilfælde velbeskrevet. Tilsvarende har man ofte grundlag for at beskrive, hvor mange der vil dø som følge af korterevarende ændringer i de sundhedsrelaterede levevilkår - f.eks. betydningen af en ændring i luftens partikkelkoncentration for antallet af akutte dødsfald, jf. *afsnit 1.7.1*.

Beskrivelsen af en ændring i antallet af dødsfald lægger op til prissætning af ændringen i dødsrisikoen ved brug af værdien af et statistisk liv *VSL*. Problemerne med denne prissætningsmetode og med at fastsætte *VSL* omtales i *Kapitel 3*. Det fremgår imidlertid allerede af det ovenstående, at *VSL* må afhænge af, om det fortrinsvis er unge eller ældre, som indgår i det ændrede antal døde. Man kan altså ikke forvente, at den samme værdi på *VSL* kan indgå i alle sammenhænge.

Det må altså anses for relativt upræcist at udtrykke en stigning i risikoen for at dø ved "en stigning i det årlige antal døde". Sprogbrugen "antallet af for tidlige dødsfald er steget", kan også være vildledende. Ganske vist dør der måske flere end ellers inden en vis alder; men når det samlede årlige antal døde er uændret, må der nødvendigvis dø færre i en højere alder. Hvis ændringen i dødsrisikoen rammer alle personer, er det alle dødsfald, der er for tidlige, idet den forventede levealder generelt reduceres.

Hvis stigningen i dødsrisikoen kun rammer personer, der er særligt disponeret for en bestemt dødsårsag - f.eks. visse typer af luftforurening, som kun har konsekvenser for astmapatienter - kan man måske tale meningsfuldt om, at netop disse personer dør for tidligt eller tidligere end ellers. Alle andre personers dødsrisiko påvirkes ikke. Men i så fald kan man lige så godt tale om, at et antal på  $x$  astmapatienter oplever, at deres aldersbetingede overlevelsessandsynligheder reduceres.

Det fremgår af *afsnit 1.1*, at en varig ændring i risikoen for at dø - dvs. ændring i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder og forventede levetider - også har konsekvenser for antallet af personer der er i live i det enkelte år (folketallet i ligevægt). Hvorvidt denne befolkningsmæssige konsekvens er relevant i en velfærdsøkonomisk sammenhæng, er uklart. Problemstillingen skal ikke forfølges videre i denne rapport.

Sammenfattende vurderes det, at en beskrivelse af en ændring i dødsrisikoen i form af en ændring i de aldersbetingede sandsynligheder for at dø eller overlevelsessandsynligheder - dvs. i form af en forskydning af overlevelseskurven - må foretrækkes. Der er tale om den mest fyldestgørende beskrivelse af den ændrede dødsrisikos konsekvenser, og beskrivelsen kan benyttes i alle sammenhænge - både ved kortvarige og varige ændringer i de ydre levevilkår og dermed dødsrisikoen.

Hvis denne vurdering accepteres, udestår der imidlertid et meget omfattende empirisk sundhedsvidenskabeligt arbejde rettet mod opstillingen af dosis respons-funktioner for sammenhænge mellem forskellige former for især kroniske ændringer i levevilkårene og nulevende og fremtidige personers overlevelsesfunktioner. Herunder er det også vigtigt at beskrive omstændighederne ved den eventuelt forudgående sygdomsperiode med dødelig udgang. En sådan sygdomsperiode har også nyttemæssige konsekvenser. Spørgsmålet er imidlertid, om der er tilstrækkeligt empirisk grundlag for at kunne gennemføre en sådan beskrivelse?

Ændringer i de ydre levevilkår såsom trafikikkerhed, der fører til en konstant ændring i antallet af årlige dødsfald af en bestemt årsag, kan formentlig i en del tilfælde beskrives med rimelig nøjagtighed som en parallelforskydning af overlevelsesfunktionerne. Konsekvenserne af andre ændringer, såsom luftkvalitetsforringelser, er formentlig langt vanskeligere at beskrive. Det er imidlertid væsentligt for vurderingen af konsekvenserne, at den empiriske viden herom så vidt muligt omsættes til ændringer i forskellige personers (specielt aldersgruppers) overlevelsesfunktioner. Det er disse ændringer personerne skal forholde sig til med henblik på at vurdere, hvilke nyttemæssige konsekvenser dødsrisikoændringen vil have for dem.

Den praktisk filosofiske og økonomisk videnskabelige indsats bør rettes mod sammenhængen mellem ændringer i overlevelseskurven og ændringer i personers livstidsnytte - og i første række mod selve livstidsnyttebegrebet, og hvilke forhold der i øvrigt kan tænkes at have betydning for livstidsnyttens. Herefter udestår et betydeligt empirisk arbejde rettet mod - gennem prissætning - at kvantificere ændringerne i den forventede livstidsnytte.

Det er altså væsentligt, at såvel den sundhedsvidenskabelige beskrivelse som den velfærdsøkonomiske prissætning rettes mod ændringerne i overlevelsesfunktionerne - i det første tilfælde med henblik på at kunne bidrage med den for prissætningen relevante konsekvensbeskrivelse og i det andet tilfælde med henblik på at opnå en relevant udformning af prissætningsundersøgelserne. I den følgende diskussion af livstidsnyttefunktionens udseende i *Kapitel 2* og af prissætningen i *Kapitel 3 - 6* antages det, at det er muligt at udtrykke ændringen i dødsrisikoen som ændringer i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder eller sandsynligheder for at dø - dvs. som en forskydning af overlevelseskurven og dermed også mindre fuldstændigt som en ændring i den forventede levetid. Det er disse ændringer, der skal prissættes.

## 2 Livstidsnyttefunktioner

Der er i *Kapitel 1* argumenteret for, at ændringer i dødsrisikoen bør udtrykkes ens uanset baggrunden for ændringerne. Hermed er det imidlertid ikke nødvendigvis givet, hvad det er, som skal prissættes. Det kan ganske vist fastslås, at når den velfærdsøkonomiske analyse hviler på et nytteetisk grundlag, må det enten være nulevende personers "oplevede" livstidsnytteændringer eller nulevende og fremtidige personers "objektivt bestemte" livstidsnytteændringer, som bør danne grundlag for vurderingen. Fra et nytteetisk synspunkt synes det ikke at give mening at tale om nytten, ved at et vist antal personer undgår at dø af en bestemt årsag, eller at den forventede levetid ændres med et vist antal år, uden at dette omsættes til ændringer i livstidsnyten. Livstidsnyten og ændringerne heri, udgør således fundamentet for nytteetikken.

Selvom det således synes klart, at ændringer i dødsrisikoen bør prissættes på grundlag af de hermed forbundne ændringer i livstidsnyten, er det ikke indlysende, hvordan denne og ændringerne heri bør opgøres. Kan en persons livstidsnytte således beregnes som en funktion af de nyter, personen forventer at opnå i hvert år, eller er personers forventede livstidsnytte i højere grad et resultat af mere helhedsorienterede overvejelser? Det er muligt, at personers forventninger til livstidsnyten alene bygger på forventninger til levetiden og et repræsentativt nytteniveau og ikke på kalkulationer ud fra specifikke forventede årlige nyter. Det er også muligt, at ikke alene de objektive sandsynligheder for at være i live er bestemmende for den forventede livstidsnytte, men også en generel følelse af utryghed bestemt af spredningen på den mulige livstidsnytte. Det er endelig muligt, at personer slet ikke anlægger en livstidsnyttebetragtning, når de vurderer en ændring i dødsrisikoen. I så fald kan den velfærdsøkonomiske vurdering ikke baseres på personers subjektive præferencer. Der må i stedet anvendes en objektiv tilgang til bestemmelsen af ændringen i livstidsnyten.

Hvis det forudsættes, at personer anlægger en livstidsnyttebetragtning ved vurderingen af en ændring i dødsrisikoen, bliver spørgsmålet om livstidsnyttefunktionens form et spørgsmål om, hvorledes person  $j$  fastsætter sin livstidsnytte  $LU_j$ . Hvis personerne derimod ikke anlægger en livstidsnyttebetragtning, bliver spørgsmålet, hvorledes livstidsnyttefunktionen bør formuleres. Der kan på denne baggrund opstilles flere forskellige formler for livstidsnyten:

1. Den forventede livstidsnytte opgjort på grundlag af nulevende personers præferencer som en funktion af personernes subjektive forventninger til nytten i de enkelte år, hvis personen er i live, sandsynligheden for at personen er i live i de enkelte år og en eventuel tidspræferencerate.
2. Livstidsnyten opgjort på grundlag af nulevende personers præferencer som en funktion af den forventede levetid og et repræsentativt nytteniveau.

3. Livstidsnyttens opgjøret på grundlag af nulevende personers præferencer som en funktion af den forventede livstidsnytte og spredningen på denne.
4. Livstidsnyttens opgjøret på et objektivi grundlag som en sum af den forventede nytte i de enkelte leveår.

De tre førstnævnte livstidsnyttefunktioner - *pkt. 1 - 3* - tager udgangspunkt i nulevende personers præferencer. Det vil derfor være oplagt at basere værdien af ændringer i dødsrisikoen på nulevende personers betalingsvillighed *WTP* herfor. Det er imidlertid afgørende for, hvad der skal spørges om, hvordan der skal spørges, og hvordan svarene skal fortolkes, hvilken af de tre angivne livstidsnyttefunktioner, man antager, er repræsentativ for personernes præferencer. Disse problemstillinger diskuteres i *Kapitel 3 - 5*.

Det er imidlertid ikke givet, at personer overhovedet tænker på ændringer i livstidsnyttens, når de besvarer spørgsmål om deres *WTP* for en ændring i livstidsnyttens. I så fald kan det diskuteres, om deres *WTP* overhovedet bør anvendes i velfærdsøkonomiske analyser, som netop har til formål at opgøre ændringer i personers livstidsnytter. Det er heller ikke sikkert, at nulevende personers subjektive præferencer - herunder tidspræferencer - er et korrekt etisk grundlag for opgørelsen af livstidsnyttens - hverken for dem selv eller fremtidige personer, som også berøres af ændringer i dødsrisikoen. Begge forhold taler for at opgøre ændringer heri på et objektivi grundlag - dvs. opstille en objektivi livstidsnyttefunktion, jf. *pkt. 4* ovenfor.

I de følgende *afsnit 2.1 - 2.4* omtales de fire livstidsnyttefunktioner nærmere.

## **2.1 Den forventede livstidsnytte opgjøret på grundlag af nulevende personers præferencer som en funktion af personernes subjektive forventninger til nytten i de enkelte år, hvis personen er i live, sandsynligheden for at personen er i live i de enkelte år og en eventuel tidspræferencerate**

### **2.1.1 Livstidsnyttens for nyfødt**

Oftest antages livstidsnyttens at blive opgjøret som en vægtet sum af den forventede nytte i de enkelte år, som person *j* har mulighed for at være i live. Som vægte benyttes sandsynligheden for at personen er i live i det enkelte år  $s_j^t$ . Den forventede livstidsnytte kan i så fald beregnes som:

$$(13) \quad LU_j = \sum_{t=0}^{\infty} u_j(c_j^t) \cdot s_j^t$$

Der er to forventninger involveret i beregningen af den forventede livstidsnytte - den forventede nytte af forbrug  $u_j(c_j^t)$  i et år *t*, hvis personen

er i live, og forventningen om at være i live udtrykt ved sandsynligheden herfor  $s_j^t$ .

Denne formel opgør i realiteten livstidsnyttens for en nyfødt person med en forventet levetid på  $L_j^e = \sum_{t=0}^{\infty} s_j^t$ . Ud over den forventede levetid afhænger livstidsnyttens imidlertid også af nyttens fordeling over livsforløbet. Det ses, at den forventede nytte af forbrug  $u_j(c_j^t)$  i et år  $t$ , hvor sandsynligheden for, at personen er i live, er høj, vejer mere i beregningen af den forventede livstidsnytte end den forventede nytte i et år, hvor sandsynligheden for at være i live er lav.

#### Diskontering som følge af faldende overlevelsessandsynlighed

Da sandsynligheden for at være i live er faldende over tid, udtrykker *formel (13)* også, at nytten i stadig fjernere år (eller nytten i en stadig højere alder) tillægges stadig mindre vægt. Hermed kommer den tidsmæssige placering af nytten til implicit at få betydning for den forventede livstidsnyttes størrelse. Der sker reelt en *diskontering* af fremtidig nytte med en (stigende?) diskonteringsrate  $r_j^t$  svarende til den årlige procentvise

$$\text{ændring i sandsynligheden for at være i live - dvs. } r_j^t = \frac{\frac{ds_j^t}{s_j^t}}{\frac{dt}{t}}$$

#### Diskontering som følge af ren utålmodighed

Ud over diskontering af fremtidig nytte som følge af faldende overlevelsessandsynlighed, er det normalt i økonomisk analyse også at tillægge fremtidig nytte mindre vægt end nutidig nytte, alene fordi den er fremtidig. Argumentet herfor er ikke altid lige gennemskueligt, men synes at bygge på en forestilling om utålmodighed med at erhverve nytte ud over den utålmodighed, som kan forklares med frygten for at være død inden nytten kan erhverves. En sådan *ren utålmodighed* ud over den, der er forbundet med dødsrisikoen, kan indarbejdes i livstidsnytteformlen ved hjælp af en utålmodighedsrate  $p_j^t$ , der ikke nødvendigvis er konstant over tid. (Empiriske undersøgelser af personers tidspræferencer tyder på, at  $p_j^t$  følger et hyperbolsk forløb). Herefter kan den forventede livstidsnytte bestemmes på følgende måde:

$$(14) \quad LU_j = \sum_{t=0}^{\infty} u_j(c_j^t) \cdot s_j^t \cdot (1+p_j^t)^{-t} = \sum_{t=0}^{\infty} u_j(c_j^t) \cdot (1+r_j^t)^{-t} \cdot (1+p_j^t)^{-t}$$

Oftest benyttes imidlertid følgende formel for den forventede livstidsnytte:

$$(15) \quad LU_j = \sum_{t=0}^{\infty} u_j(c_j^t) \cdot (1+\rho_j^t)^{-t}$$

hvor  $\rho_j^t$  er den såkaldte *rene tidspræferencerate*. Uden at det anføres eksplicit, dækker denne altså både over den faldende sandsynlighed for at være i live  $r_j^t$  og det rene utålmodighedselement  $p_j^t$ . Den rene tidspræferencerate antages oftest at være konstant, hvilket synes at være en noget heroisk antagelse, når hverken ændringsraten for overlevelsessandsynligheden eller diskonteringsraten for ren utålmodighed synes at være konstant.

Det er under alle omstændigheder ved anvendelsen af enten *formel (14)* eller *(15)* væsentligt at præcisere, hvad den anvendte diskonteringsrate omfatter. Hvis den både omfatter overlevelsessandsynligheds- og utålmodighedselementet, bør *formel (3)* anvendes. Det vil således være forkert, at kombinere den rene tidspræferencerate  $\rho_j^t$  med overlevelsessandsynligheden  $s_j^t$  i beregningen af den forventede livstidsnytte. Der vil blive tale om dobbeltregning, hvor der to gange tages hensyn til den faldende sandsynlighed for at være i live. Når *formel (14)* anvendes, må diskonteringsraten kun omfatte det rene utålmodighedselement.

### 2.1.2 Fremtidig livstidsnytte for personer med forskellig alder

De i *afsnit 2.1.1* opstillede formler dækker livstidsnyttens for en nyfødt person eller en fremtidig person. Der kan opstilles tilsvarende formler den fremtidige livstidsnytte for nulevende personer i alle aldersgrupper - dvs. uanset hvilken alder personen har i år 0. Sandsynligheden for at være i live i hvert af de fremtidige år fra år 1 og frem, vil blot være forskellige for personer med forskellig alder i år 0. Det maksimale antal år, hvor det er muligt at opnå nytte, vil selvsagt også være forskelligt.

Hvis sandsynligheden for at være i live i hvert af de fremtidige år udelukkende er afhængig af personens alder  $a_j$  i år 0, så kan den forventede livstidsnytte for resten af livet bestemmes som:

$$(16) \quad LU_j(a_j) = \sum_{t=0}^{\infty} u_j(c_j^t) \cdot s_j^t(a_j) \cdot (1 + p_j^t)^{-t}$$

Den samlede livstidsnytte for personen omfatter ud over den forventede fremtidige nytte også den livstidsnytte  $LU_j(-a_j, -1)$ , som personen har erhvervet fra år  $-a_j$  til år  $-1$ . Hvordan denne nytte skal gøres op, er i sig selv et interessant spørgsmål; men umiddelbart forekommer det rimeligt at beregne den som en sum af de hidtil erhvervede årlige nyttter - altså som angivet i *formel (17)*.

$$(17) \quad LU_j(-a_j, -1) = \sum_{t=-a_j}^{-1} u_j(c_j^t)$$

Ved opgørelsen af den allerede erhvervede livstidsnytte, er der anlagt en *ex post* synsvinkel, hvor personen ser tilbage på sit hidtidige liv. I denne



forbindelse synes den tidsmæssige placering af nytten ikke at have betydning, hvorfor det ikke er relevant at diskontere nytten erhvervet i de enkelte år. Det kan dog ikke udelukkes, at visse nytteforløb vil resultere i højere livstidsnytte end andre, selvom de fører til samme nyttesum. F.eks. vil mange personer måske foretrække et rimeligt stabilt nytteforløb for et forløb med store udsving i de årlige nytter. Sådanne præferencer er ikke indbygget i den simple livstidsnytteformel (17) – jf. i øvrigt afsnit 2.2.

Ved opgørelsen af den fremtidige livstidsnytte anlægger personen selv sagt en *ex ante* synsvinkel, og derfor bliver diskonteringen relevant. Den samlede forventede livstidsnytte for en person med alderen  $a_j$  kan herefter beregnes som.

$$(18) \quad LU_j(-a_j, \infty) = \sum_{t=-a_j}^{-1} u_j(c_j^t) + \sum_{t=0}^{\infty} u_j(c_j^t) \cdot s_j^t(a_j) \cdot (1 + \rho_j^t)^{-t}$$

Den samlede forventede livstidsnytte for en person stiger alt andet lige over personens levetid, hvilket skyldes, at den forventede levetid stiger med alderen.

De opstillede formler for den forventede livstidsnytte kan danne grundlag for værdisætningen af en ændring i dødsrisikoen. Værdien af en ændring i dødsrisikoen bør, som omtalt, afspejle den hermed forbundne ændring i den forventede livstidsnytte. Denne omfatter selvsagt kun den fremtidige nytte.

### 2.1.3 Ændring i livstidsnyttten

I det følgende opstilles formler for ændringen i livstidsnyttten baseret på hhv. den forventede nytte og det forventede forbrug i de enkelte år, hvis personen er i live.

#### Ændring i livstidsnyttten beregnet på grundlag af årlige nytter

Som anført i indledningen, giver en ændring i dødsrisikoen sig udslag i ændringer i sandsynligheden for at være i live i hvert fremtidigt år. Dette gælder, uanset hvilken karakter ændringen i dødsrisikoen har. Ud fra formel (15) for livstidsnyttten kan ændringen heri  $\Delta LU_j(a_j)$  for en person, der har alderen  $a_j$  i år 0 bestemmes som

$$(19) \quad \Delta LU_j(a_j) = \sum_{t=0}^{\infty} \Delta u_j(c_j^t) \cdot (1 + \rho_j^t)^{-t} = \sum_{t=0}^{\infty} u_j(c_j^t) \cdot \Delta s_j^t(a_j) \cdot (1 + \rho_j^t)^{-t}$$

hvor  $\Delta s_j^t(a_j) = s_j^t(a_j)_{\text{før}} - s_j^t(a_j)_{\text{efter}}$  er ændringen opgjort i procentpoint i sandsynligheden for at være i live i år  $t$  efter år 0. Af formel (19) fremgår det, at det er meget vigtigt, at diskonteringsraten  $\rho_j^t$  både afspejler ren utålmodighed og en faldende sandsynlighed for at være i live.

Dette er i modsætning til selve livstidsnytteformlen *formel (16)*, hvor diskonteringsraten  $p_j^t$  alene bør afspejle ren utålmodighed.

I *formel (19)* antages det, at personens hidtil erhvervede livstidsnytte  $LU_j(-a_j, -1)$  ikke har indflydelse på livstidsnytteændringen som følge af ændringen i dødsrisikoen. Dette skyldes, at den forventede livstidsnytte i *formel (18)* beregnes under antagelse om separabilitet mellem nytten i de enkelte år. Denne antagelse kan dog diskuteres. F.eks. kan det tænkes, at en person, der hidtil har levet på et højt nytteniveau og har fået de fleste af sine ønsker opfyldt, alt andet lige ikke vil føle en stigning i dødsrisikoen, som et lige så stort tab som en person, der hidtil har levet på et lavt nytteniveau, og nu skal til at nyde frugterne af sit hidtidige hårde arbejde og sparsommelighed. Denne mulighed er væsentlig for fortolkningen af nulevende personers *WTP* for en ændring i dødsrisikoen. Normalt vil *WTP* blive fortolket som udtryk for værdien af ændringen i den forventede livstidsnytte bestemt ved *formel (19)*; men har de adspurgtes hidtil erhvervede livstidsnytte også betydning for deres *WTP*, bør fortolkningen også afspejle dette forhold.

#### **Ændring i livstidsnyttens beregnet på grundlag af årlige forbrug**

I den opstillede *formel (19)* er ændringer i den forventede livstidsnytte bestemt som en funktion af den forventede nytte i de enkelte år over personens fremtidige livsforløb. Ændringen i den forventede livstidsnytte kan imidlertid også bestemmes som en funktion af det forventede forbrug i disse år. Det gælder således:

$$(20) \quad \Delta LU_j(a_j) = \int_{t=0}^{\infty} u_j(c_j^t) \cdot \Delta s_j^t(a_j) \cdot e^{-\rho_j^t \cdot t} = \int_{t=0}^{\infty} \Delta u_j(c_j^t) \cdot e^{-\rho_j^t \cdot t}$$

Når man endvidere har, at

$$\Delta u_j(c_j^t) = \frac{\partial u_j(c_j^t)}{\partial c_j^t} \cdot dc_j^t = u_j'(c_j^t) \cdot \Delta c_j^t = u_j'(c_j^t) \cdot \Delta s_j^t(a_j) \cdot c_j^t$$

fås

$$(21) \quad \Delta LU_j(a_j) = \int_{t=0}^{\infty} u_j'(c_j^t) \cdot \Delta s_j^t(a_j) \cdot c_j^t \cdot e^{-\rho_j^t \cdot t}$$

Det ses, at  $\Delta LU_j(a_j)$  afhænger af udviklingen i den marginale nytte af forbrug over tid  $u_j'(c_j^t)$  og af diskonteringsleddet  $e^{-\rho_j^t \cdot t}$ . Den procentvise ændring i  $u_j'(c_j^t) \cdot e^{-\rho_j^t \cdot t}$  over tid kan beregnes som

$$\begin{aligned}
(22) \quad -\frac{\frac{\partial u_j'(c_j^t) \cdot e^{-\rho_j^t \cdot t}}{\partial t}}{u_j'(c_j^t) \cdot e^{-\rho_j^t \cdot t}} &= -\frac{u_j''(c_j^t) \cdot \frac{dc_j^t}{dt} \cdot e^{-\rho_j^t \cdot t} + u_j'(c_j^t) \cdot (-\rho_j^t) \cdot e^{-\rho_j^t \cdot t}}{u_j'(c_j^t) \cdot e^{-\rho_j^t \cdot t}} \\
&= -\frac{\frac{du_j'(c_j^t)}{dc_j^t} \cdot c_j^t \cdot \frac{dc_j^t}{dt}}{u_j'(c_j^t) \cdot c_j^t} + \rho_j^t = -\frac{\frac{du_j'(c_j^t)}{dc_j^t} \cdot \frac{dc_j^t}{dt}}{\frac{dc_j^t}{c_j^t}} + \rho_j^t \\
&= v_j^t \cdot g_j^t + \rho_j^t
\end{aligned}$$

hvor  $v_j^t$  er elasticiteten for den marginale nytte af forbrug for person  $j$  på tidspunkt  $t$ , og  $g_j^t$  er den forventede vækst i forbruget for person  $j$  på tidspunkt  $t$ .  $\rho_j^t$  er fortsat person  $j$ 's tidspræferencerate på grund af faldende overlevelsessandsynlighed og ren utålmodighed. Størrelsen  $v_j^t \cdot g_j^t + \rho_j^t$  benævnes person  $j$ 's *forbrugsdiskonteringsrate*,  $i_j^t$ . Hvis de tre bestemmende parametre antages at være konstante over tid, er forbrugsdiskonteringsraten konstant over tid  $i_j = v_j \cdot g_j + \rho_j$ .

Herefter kan ændringen i livstidsnyttens ved en ændring i de tidsbestemte overlevelsessandsynligheder  $\Delta s_j^t(a_j)$  beregnes som en funktion af den hermed forbundne ændring i det forventede forbrug  $\Delta s_j^t(a_j) \cdot c_j^t$ .

$$(23) \quad \Delta LU_j(a_j) = \int_{t=0}^{\infty} c_j^t \cdot \Delta s_j^t(a_j) \cdot e^{-(v_j \cdot g_j + \rho_j) \cdot t} = \int_{t=0}^{\infty} c_j^0 \cdot e^{g_j \cdot t} \cdot \Delta s_j^t(a_j) \cdot e^{-i_j \cdot t}$$

Hvis der regnes i diskret tid, fås ændringen i livstidsnyttens som

$$(24) \quad \Delta LU_j(a_j) = \sum_{t=0}^{\infty} c_j^t \cdot \Delta s_j^t(a_j) \cdot (1+i_j)^{-t} = \sum_{t=0}^{\infty} c_j^0 \cdot (1+g_j)^t \cdot \Delta s_j^t(a_j) \cdot (1+i_j)^{-t}$$

Det er særdeles vigtigt, når ændringen i livstidsnyttens, som her bestemmes som nutidsværdien af ændringen i det forventede forbrug  $\Delta s_j^t(a_j) \cdot c_j^t = \Delta s_j^t(a_j) \cdot c_j^0 \cdot (1+g_j)^t$  i hvert af de fremtidige år, at den benyttede forbrugsdiskonteringsrate, foruden den faldende marginale nytte af forbrug, som følge af en forventet forbrugsvækst, både afspejler en ren utålmodighedsbaseret tidspræferencerate  $p_j$  og den rate  $r_j$ , hvorved sandsynligheden for at være i live falder. Dette er i modsætning til livstidsnytteformlen *formel (14)*, hvor den diskonteringsrate, som kombineres med overlevelsessandsynligheden, kun må udtrykke det rene

utålmodighedselement. Dette skyldes, at  $s_j^t$  indgår i livstidsnytteformlen, hvorved der diskonteres for den faldende overlevelsessandsynlighed. Dette sker derimod ikke gennem  $\Delta s_j^t(a_j)$ , som indgår i *formel (24)* for ændringen i livstidsnyttten.

*Formel (24)* kan benyttes til at fortolke personers *WTP* for en ændring i dødsrisikoen. Nutidsværdien af *WTP* kan således fortolkes som et direkte udtryk for nutidsværdien af de, med ændringen i de fremtidige overlevelsessandsynligheder, forbundne ændringer i det forventede forbrug i hvert af de kommende år - se i øvrigt *Kapitel 3* og *4*.

## 2.2 Livstidsnyttten opgjort på grundlag af nulevende personers præferencer som en funktion af den forventede levetid og et repræsentativt nytteniveau

I *afsnit 2.1* er den forventede livstidsnytte for en person opgjort som en vægtet sum af personens fremtidige nytte i de enkelte år - jf. *formel (13)* og *(14)*. Som vægte benyttes overlevelsessandsynligheden, der er faldende over tid, og en ligeledes faldende diskonteringsfaktor, der er bestemt af en rent utålmodighedsbaseret tidspræferencerate. De opstillede formler for den forventede fremtidige livstidsnytte og for ændringer heri, er kun relevante ved fortolkningen af personers udtrykte *WTP* for ændringer i dødsrisikoen, hvis personer faktisk *ex ante* bestemmer deres forventede livstidsnytte i overensstemmelse med formlerne, og i øvrigt lægger livstidsnyttbetragtninger til grund for deres *WTP* - jf. *Kapitel 3* og *4*.

Det kan imidlertid indvendes, at livstidsnyttten ikke nødvendigvis er en funktion af nytten i de enkelte år og sandsynligheden for at være i live det pågældende år. En opdeling af et liv i enkeltår er trods alt en relativt arbitrær fremgangsmåde. Det kan være, at personer bestemmer deres livstidsnytte direkte som en funktion af den forventede levetid i sig selv  $L_j^e$  og et repræsentativt nytteniveau for hele livet  $u_j^{rep}$ . Dvs.

$$(25) \quad LU_j = f(L_j^e, u_j^{rep})$$

hvor det må antages, at  $f'(L_j^e) > 0$  og  $f''(L_j^e) \leq 0$  samt at,  $f'(u_j^{rep}) > 0$  og  $f''(u_j^{rep}) \leq 0$ . Den mere præcise form på en sådan livstidsnyttfunktion er det ikke umiddelbart muligt at specificere. En meget simpel mulighed er følgende funktion

$$(26) \quad LU_j = L_j^e \cdot u_j^{gns}(\text{år})$$

hvor  $u_j^{gns}(\text{år})$  er den forventede gennemsnitlige årlige nytte over livsforløbet. Det ses umiddelbart, at formlen kan omskrives til

$$(27) \quad LU_j = L_j^e \cdot u_j^{gns}(\text{år}) = \sum_{t=0}^{\infty} s_j^t \cdot u_j^{gns}(\text{år})$$

som svarer til *formel (13)*, bortset fra at den specifikke nytte i hvert af årene er udskiftet med en repræsentativ årlig nytte, der er lig med den gennemsnitligt forventede nytte i hvert af årene. Det gælder med denne livstidsnyttefunktion, at  $f'(L_j^e) = u_j^{gns}(\text{år})$  og  $f''(L_j^e) = 0$  samt at,  $f'(u_j^{gns}(\text{år})) = L_j^e$  og  $f''(u_j^{gns}(\text{år})) = 0$ .

Med denne meget simple livstidsnyttefunktion er nyttens tidsmæssige placering uden betydning. Dette er i direkte modsætning til livstidsnyttefunktionen i *afsnit 2.1*, hvor fremtidig nytte bliver diskonteret både som følge af faldende sandsynlighed for at være i live og som følge af ren utålmodighed.

Nulevende personer har imidlertid tidspræferencer, og derfor afspejler livstidsnyttefunktionen i *formel (27)* næppe den måde, hvorpå personer opgør deres forventede fremtidige livstidsnytte. Tidspræferencerne kan tænkes at komme til udtryk som en faldende marginal nytte af den forventede levetid  $f''(L_j^e) \leq 0$ . Dette kan indarbejdes i *formel (27)* ved at "diskontere" den forventede levetid. Dette sker f.eks. gennem følgende formel for livstidsnyttens:

$$(28) \quad LU_j = \sum_{t=0}^{L_j^e} u_j^{gns}(\text{år}) \cdot (1 + \lambda_j^t)^{-t}$$

Herved får nyttens tidsmæssige placering ikke i sig selv betydning for livstidsnyttens størrelse - forestillingen om en repræsentativ årlig nytte bevares - men stadig flere forventede leveår tillægges stadig mindre værdi gennem "diskonteringen" med "levetidspræferenceraten"  $\lambda_j^t > 0$ . Denne tidspræferencerate har ikke nødvendigvis noget med ændringen i overlevelsessandsynligheden at gøre. Overlevelsesaspektet er indarbejdet i formlen gennem fastsættelsen af den forventede levetid  $L_j^e$ . Der indgår intet rent utålmodighedselement i *formel (15)*; men det er heller ikke sikkert, at der rent faktisk indgår et sådant element i personers tidspræferencer. Disse kan udmærket tænkes alene at omfatte overlevelsesaspektet og eventuelt et risikoelement - jf. *afsnit 2.3*.

Antagelsen om et repræsentativt nytteniveau for hele livet blev indført for at undgå, at nyttens tidsmæssige placering får indflydelse på livstidsnyttens størrelse. Dette er formentlig en alt for stærk antagelse. Nyteudviklingens form gennem livet må således antages at have betydning for, hvor godt et liv den enkelte person oplever at have og dermed for livstidsnyttens. Store årlige variationer i nytten er måske værre end stabilitet, og mange år på sultegrænsen fulgt af rige år er måske værre end nogenlunde konstant nytte etc. Livstidsnyttefunktionen må i så fald formuleres som

$$(29) \quad LU_j = f(L_j^e, u_j^t(0; L_j^e))$$

Det står ikke helt klart hvordan denne funktion nærmere skal specificeres.

Hovedpointen ved denne tilgang til bestemmelsen af den fremtidige livstidsnytte, hvor det antages, at nulevende personer ikke har utålmodighedsbaserede tidspræferencer, er, at den enkelte person muligvis betragter sit fremtidige liv som en helhed. Den enkelte antages at vurdere denne helhed under ét og vurdere, hvor værdifuldt det kommende livsforløb forventes at blive, uden at gøre sig forestillinger om nytten i det enkelte år. Det kræver dog yderligere empiriske undersøgelser at afgøre, om nulevende personers livstidsnyttfunktion er bedre i overensstemmelse med denne tankegang end med den tankegang, som blev udtrykt med funktionen i *afsnit 2.1*.

Ændringen i livstidsnyttten ved en ændring i dødsrisikoen bestemmes som værdien af den med ændringen i dødsrisikoen forbundne ændring i den forventede levetid  $L_j^e$ . Personers *WTP* for en ændring i dødsrisikoen skal altså med denne livstidsnyttfunktion fortolkes som en betalingsvilighed for den ændring i livstidsnyttten, som er forbundet med en ændring i  $L_j^e$ . Hermed lægges der op til at bestemme den marginale værdi af et leveår. Denne er ikke nødvendigvis lig med den gennemsnitlige årlige nytte  $u_j^{gns}(\text{år})$ . Dette gælder kun, hvis livstidsnyttten fastsættes i overensstemmelse med *formel (27)*. Se i øvrigt *Kapitel 4*, hvor fastsættelsen af værdien af et leveår *VOLY* diskuteres.

### 2.3 Livstidsnyttten opgjort på grundlag af nulevende personers præferencer som en funktion af den forventede livstidsnyttte og spredningen på denne

I *afsnit 2.1* blev livstidsnyttten bestemt som *den forventede nytte*. Der er tale om en med sandsynligheder vejet sum af årlige nytter. Tilgangen er grundlæggende udtryk for risikoneutralitet, hvilket ikke nødvendigvis er oplagt, når livstidsnyttten som her bestemmes på grundlag af nulevende personers subjektive præferencer. For disse personer kan selve risikoen eller utrygheden ved at leve få en selvstændig indflydelse på livstidsnyttten - i hvert fald, hvis personer har risikoaversion.

Som mål for selve risikoen ved at leve, kan man anvende spredningen for den forventede livstidsnyttte  $\delta(LU_j^e)$ . Denne kan beregnes på grundlag af tæthedsfunktionen for personens mulige livstidsnytter  $f(LU_j)$ . Det gælder  $\delta(LU_j^e) = \sqrt{(LU_j - LU_j^e)^2 \cdot f(LU_j)}$ . Tæthedsfunktionen for de mulige livstidsnytter kan genereres på grundlag af personens overlevelsessandsynligheder og en antagelse om de årlige nytter for personen.

Livstidsnyttens kan herefter bestemmes som en funktion af såvel den forventede livstidsnytte  $LU_j^e$  som spredningen herfor - dvs.

$$(30) \quad LU_j = f(LU_j^e, \delta(LU_j^e))$$

En ændring i dødsrisikoen vil under alle omstændigheder have konsekvenser for den forventede livstidsnytte gennem påvirkningen af den forventede levetid. Men herudover påvirkes livstidsnyttens med denne formulering af livstidsnyttefunktionen også, hvis ændringen i dødsrisikoen påvirker spredningen for den forventede livstidsnytte. Hvor meget spredningen påvirkes afhænger af, hvorledes overlevelsessandsynlighederne påvirkes. Livstidsnyttens afhængighed af ændringer i spredningen for livstidsnyttens er bestemt af personens risikoaversion.

For at kunne benytte livstidsnyttefunktionen i *formel (30)* som grundlag for fortolkningen af personers *WTP* for ændringer i dødsrisikoen, kræves empiriske undersøgelser af, hvorledes personer sammenvejer ændringer i forventet livstidsnytte og i spredningen herpå, i bestemmelsen af ændringer i livstidsnyttens og dermed *WTP*.

## **2.4 Livstidsnyttens opgjort på et objektivt grundlag som en sum af den forventede nytte i de enkelte leveår**

I de foregående *afsnit 2.1 - 2.3* er livstidsnyttens beregnet ud fra en nulevende persons tilgang til problemstillingen. Han ser fremad på sit kommende liv fra et aktuelt tidspunkt, hvor der sker en ændring i dødsrisikoen. Han vurderer, hvilken betydning dette har for hans forventede fremtidige livstidsnytte.

Hvis hans vurdering foretages i overensstemmelse med tilgangen i *afsnit 2.1* - dvs. *formel (14)* - afspejler den tidspræferencer, som er udtryk for ren utålmodighed. Der er tale om en ren subjektiv vurdering. Det er denne fremgangsmåde, som giver anledning til diskonteringen af fremtidig nytte ud over den, som skyldes faldende sandsynlighed for at være i live. Livstidsnyttefunktionerne i *afsnit 2.2* og *2.3* kan også omfatte et diskonteringselement. I *formel (28)* i *afsnit 2.2* skyldes dette element dog ikke personens utålmodighed, men en faldende marginal nytte af mere forventet levetid.

### **2.4.1 Argumentation for en objektiv tilgang til bestemmelsen af livstidsnyttens hvor der ses bort fra nulevende personers tidspræferencer**

Det er imidlertid spørgsmålet, om nulevende personers præferencer mht. ændringer i dødsrisikoen er etisk relevante. Spørgsmålet vedrører reelt den etiske relevans af nyttens eller nytteændringens tidsmæssige placering og dermed bestemmelsen af ændringer i såvel nulevende som fremtidige personers livstidsnytter.

### **Nulevende personer**

Nulevende personer har tidspræferencer, hvori der formentlig indgår et rent subjektivt (og irrationelt?) utålmodighedselement; men fra et etisk synspunkt bør der ikke nødvendigvis tages hensyn til et sådant element ved vurderingen af tidsmæssigt forskelligt placerede nytteændringer.

For at anlægge en mere objektive synsvinkel på fastsættelsen af ændringen i livstidsnyttens taler således, at den nytteetiske vurdering bør baseres på de faktiske objektivt observerbare nytteændringer, som de involverede personer faktisk må forventes at blive påført. Hvordan personen i øvrigt opfatter situationen, er irrelevant.

Imod den objektive synsvinkel taler, at det, i hvert fald for nulevende personers vedkommende, bør være den enkelte persons subjektive præferencer, som lægges til grund for opgørelsen af nytteændringen. Det er den nulevende person, der udsættes for risikoændringen, og det må derfor være personens egen vurdering af den nyttemæssige konsekvens heraf, som bør lægges til grund for den nytteetiske vurdering heraf. Ren utålmodighed - dvs. dette *alt andet lige* at foretrække at få et gode nu frem for i fremtiden - er udtryk for en præference ligesom alle andre præferencer for forskellige goder.

Mod dette synspunkt kan imidlertid indvendes, at det måske ikke altid er personers egne opfattelser af nytten ved forskellige goder, som bør lægges til grund for nytteetiske vurderinger. Det kan f.eks. diskuteres, om præferencer for goder, som er direkte skadelige for personen, eller præferencer, som hviler på et fejlagtigt informationsgrundlag, udgør et rimeligt grundlag for nytteetikken. Denne bør måske i sådanne tilfælde snarere baseres på mere objektive vurderinger af, hvad der vil skabe nytte for personen. Ren utålmodighed er måske en sådan irrationel følelse, som bør udelades af den nytteetiske vurdering. Dette udelukker ikke, at visse nyttefordelinger over livet giver højere livstidsnytte end andre - jf. *formel (29) i afsnit 2.2.*

### **Fremtidige personer**

Det er under alle omstændigheder tvivlsomt, om værdisætning af ændringer i dødsrisikoen ud fra nulevende personers (eventuelt irrationelle) præferencer kan forsvares, når der er tale om at opgøre ændringen i livstidsnyttens for fremtidige personer. Ændringer i dødsrisikoen - f.eks. som følge af et voksende forureningsomfang - vil i sagens natur også ramme disse personer. Ændringen i fremtidige personers livstidsnytte er derfor, fra et etisk synspunkt, også særdeles relevant for vurderingen.

Fremtidige personer er ganske vist endnu ikke født, og de vil derfor ikke direkte opleve en ændring i risikoen for at dø. De sættes så at sige i verden under de nye forhold, og de mærker ikke selv en ændring i deres forventede livstidsnytte. Omvendt er det indiskutabelt, at fremtidige personers forventede livstidsnytte fra et objektivt synspunkt er reduceret, når dødsrisikoen stiger. De oplever det ganske vist ikke selv sådan; men summen af nytte i samfundet bliver reduceret i forhold til, hvad den ellers ville have været, og dette er fra et nytteetisk synspunkt relevant.



Accepteres dette synspunkt, giver det anledning til to spørgsmål:

- Bør nulevende personers tidspræferencer også lægges til grund for bestemmelsen af fremtidige personers livstidsnytte?
- Bør ændringen i livstidsnyttens vægt for en fremtidig person indgå med samme vægt i den nytteetiske vurdering som nytteændringen for en nulevende person?

Mod at lade nulevende personers tidspræferencer indgå i bestemmelsen af ændringen i fremtidige personers livstidsnytte - dvs. at anvende *formel (19)*, hvor diskonteringsraten  $\rho_j^t$  bl.a. er bestemt af utålmodighedsdiskonteringsraten  $p_j^t$  - taler, at fremtidige personer endnu ikke er født, og at det derfor næppe giver mening at tale om utålmodighed i relation til dem. Livstidsnytteændringen for fremtidige personer bør alene være bestemt af de objektivt konstaterbare ændringer i overlevelsessandsynlighederne og personernes forventede nytte, hvis de er i live. Hermed opnås et objektivt udtryk for ændringen i, hvor megen nytte der kan forventes erhvervet i samfundet, og det er dette, som er relevant i en nytteetisk sammenhæng.

Derfor må fremtidige personers nytteændringer også anses for lige så vigtige som nulevende personers. At der er tale om personer, som endnu ikke er sat i verden, gør ikke deres nytteerhvervelse mindre værdifuld. At de ikke direkte oplever en ændring i deres nyttemæssige forhold, er også uden betydning for vurderingen, så længe den objektive synsvinkel bibeholdes. I følge denne er det eneste relevante, hvilket liv fremtidige personer må forventes at få, og hvilket liv de kunne have fået - altså ændringen i den skabte samlede sum af nytte og fordelingen heraf. For en diskussion af nulevende nødvendige og fremtidige betingede personers relative etiske status se Møller (2009), Kapitel 13.

#### **2.4.2 Objektiv beregning af livstidsnytteændringen ved ændring i dødsrisikoen**

I *afsnit 2.4.1* blev der argumenteret for at anlægge en mere objektiv synsvinkel på bestemmelsen af ændringer i personers livstidsnytte. Nytteetikken fokuserer således på, hvor megen nytte en person kan forventes at erhverve gennem sit livsforløb, og ved vurderingen af handlinger på hvor meget personens livstidsnytte påvirkes heraf. Livstidsnyttens bør objektivt set opgøres som den samlede sum af nytte der kan forventes erhvervet i løbet af personens forventede levetid. Muligvis har fordelingen af nytten over livet også betydning for livstidsnyttens - jf. overvejelserne bag *formel (29)* - men i det følgende ses der bort herfra. Det afgørende er, at det ikke i sig selv har betydning for livstidsnyttens, hvilket konkret år nytten erhverves. Tiden i sig selv har ikke etisk betydning.

Den forventede fremtidige livstidsnytte for en nyfødt person kan, som omtalt i *afsnit 2.1*, beregnes med *formel (13)*. Livstidsnyttens er her alene bestemt ud fra sandsynlighederne for, at personen er i live i et givet år og personens forventede nytte i året, hvis personen er i live. Nulevende personers subjektive tidspræferencer indgår ikke i beregningen. Den resul-

terer i et så objektivt estimat som muligt for den sum af nytte, personen ved udgangen af sit liv kan konstatere at have erhvervet i løbet af livet. Det er som nævnt dette, der er nytteetisk relevant.

Formel (13) kan danne grundlag for bestemmelsen af ændringen i såvel nyfødtes, som ældre nulevende og fremtidige personers livstidsnytte. For en nulevende person  $j$  med alderen  $a_j$  kan ændringen i den forventede livstidsnytte  $\Delta LU_j(a_j)$  beregnes som

$$(31) \quad \Delta LU_j(a_j) = \sum_{t=0}^{\infty} u_j(c_j^t) \cdot \Delta s_j^t(a_j)$$

Denne formel kan selvsagt også benyttes til at bestemme ændringen i livstidsnyttens for en nyfødt. I så fald er  $a_j = 0$ . Ændringen i livstidsnyttens for en fremtidig person svarer til ændringen i livstidsnyttens for en nyfødt.

Med udgangspunkt i formel (24) kan ændringen i livstidsnyttens også beregnes som en funktion af den forventede ændring i forbruget

$$(32) \quad \Delta LU_j(a_j) = \sum_{t=0}^{\infty} c_j^t \cdot \Delta s_j^t(a_j) \cdot (1+i_j)^{-t} = \sum_{t=0}^{\infty} c_j^0 \cdot (1+g_j)^t \cdot \Delta s_j^t(a_j) \cdot (1+v_j \cdot g_j)^{-t}$$

I denne formel er den velfærdsøkonomiske forbrugsdiskonteringsrate  $i_j$  for person  $j$  udelukkende bestemt af den forventede årlige vækstrate for realforbruget  $g_j$  og elasticiteten for den marginale nytte af forbrug  $v_j$ . Der ses, i overensstemmelse med den objektive tilgang, både bort fra den faldende sandsynlighed for at være i live og den rene utålmodighedsbaserede tidspræferencerate  $p_j$  ved fastsættelsen af den velfærdsøkonomiske forbrugsdiskonteringsrate.

### 2.4.3 Den objektive tilgang og eventuel risikoaversion

I afsnit 2.3 blev det anført, at nulevende personer muligvis ikke er risiko-neutrale, således at også spredningen på den forventede livstidsnytte  $\delta(LU_j^e)$  har betydning for livstidsnyttens størrelse. Denne kan i så fald bestemmes som en funktion af såvel den forventede livstidsnytte  $LU_j^e$  og spredningen herpå  $\delta(LU_j^e)$ . Ændringer i dødsrisikoen har i så fald konsekvenser for nulevende personers livstidsnytte, hvis ændringerne påvirker spredningen.

Risikoen for at dø før den forventede levetid nås, og chancen for at leve længere, er et uomgængeligt livsvilkår. Det kan ikke udelukkes, at graden af risiko har indflydelse på, hvor godt et liv personer føler, at de har. De er således tvunget til at leve med en usikkerhed, som, hvis den påvirkes af ændringer i overlevelseseffektens form, påvirker deres generelle velbefindende. Dette kunne tale for, at der også i den objektive tilgang

til bestemmelse af livstidsnyttens for såvel nulevende som fremtidige personer tages højde herfor.

Omvendt kan man argumentere, at en objektiv etisk bestemmelse af livstidsnyttens for disse personer alene bør baseres på den forventede livstidsnytte - altså de årlige forventede nytter sammenvejet med de objektive sandsynligheder for at være i live de pågældende år. Dette er udtryk for den nytte, personen kan forvente at have erhvervet, når vedkommende ved sin død "ser tilbage på" sit liv. Det må alene være dette og ændringer heri som følge af ændrede dødsrisici, der er relevant i en etisk sammenhæng. Risikoelementet er i sig selv irrelevant.

Problemstillingen lades indtil videre uafklaret. I det følgende regnes der med risikoneutralitet.

## 2.5 Sammenfatning

Der er i dette kapitel gjort rede for, at den velfærdsøkonomiske prissætning af en ændring i dødsrisikoen bør afspejle værdien af de hermed forbundne ændringer i livstidsnyttens for de berørte personer. Hermed bliver det afgørende for prissætningen, hvorledes personers livstidsnytte opgøres - dvs. hvilken livstidsnyttfunktion der bør ligge til grund for bestemmelsen af ændringen i livstidsnyttens og dermed prissætningen.

I kapitlet blev der anvist to mulige tilgange til livstidsnyttbestemmelsen:

- En subjektiv tilgang, hvor livstidsnyttens bestemmes af nulevende personers præferencer - herunder subjektive tidspræferencer.
- En objektiv tilgang, hvor livstidsnyttens bestemmes som værdien af den forventede nytte gennem livet - nulevende og fremtidige personers livstidsnytte opgøres på samme måde, og der indgår ikke tidspræferencer i opgørelsen.

Under den subjektive tilgang blev der gjort rede for tre mulige livstidsnyttfunktioner. Den forventede fremtidige livstidsnytte  $LU_j^e(a_j)$  for en person  $j$  med alderen  $a_j$  kan således opgøres som:

1) Nutidsværdien af de forventede fremtidige årlige nytter

$$u_j(c_j^t) \cdot s_j^t(a_j)$$

$$LU_j^e(a_j) = \sum_{t=0}^{\infty} u_j(c_j^t) \cdot s_j^t(a_j) \cdot (1 + p_j^t)^{-t}$$

hvor  $p_j^t$  er en diskonteringsrate, der alene afspejler personens utålmodighed

2) Funktion af den forventede restlevetid  $L_j^e(a_j)$  og et repræsentativt årligt nytteniveau  $u_j^{rep}$

$$LU_j^e(a_j) = f(L_j^e(a_j), u_j^{rep})$$

3) Funktion af den forventede livstidsnytte  $LU_j^e(a_j)$  og spredningen herpå  $\delta(LU_j^e(a_j))$

$$LU_j^e(a_j) = f(LU_j^e(a_j), \delta(LU_j^e(a_j)))$$

hvor  $LU_j^e(a_j)$  opgøres ud fra formelen under pkt. 1. eller pkt. 2.

Den objektive tilgang er repræsenteret ved en livstidsnyttefunktion, der udtrykker den forventede nytte over det resterende livsforløb:

$$LU_j^e(a_j) = \sum_{t=0}^{\infty} u_j(c_j^t) \cdot s_j^t$$

dvs. en livstidsnyttefunktion svarende til funktionen under pkt. 1., men uden tidspræferencer. Disse er objektivt set etisk irrelevante.

De angivne subjektive og objektive formler danner grundlag for følgende formler til bestemmelsen af ændringen i livstidsnyttens ved en ændring i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder  $\Delta s_j^t(a_j)$  eller forventede restlevetider  $\Delta L_j^e(a_j)$ . Livstidsnytteændringen bestemmes endvidere som en funktion af værdien af forbruget i vid forstand  $c_j$ .

De tre subjektive funktioner antager følgende form:

1) Nutidsværdien af ændringerne i det forventede fremtidige årlige forbrug  $c_j^t \cdot \Delta s_j^t(a_j)$

$$\Delta LU_j(a_j) = \sum_{t=0}^{\infty} c_j^t \cdot \Delta s_j^t(a_j) \cdot (1+i_j)^{-t}$$

hvor  $i_j$  er person  $j$ 's individuelle forbrugsdiskonteringsrate, der både afspejler personens faldende sandsynlighed for at være i live, forventninger til fremtidig forbrugsvækst og ren utålmodighed.

2) En funktion af ændringen i den forventede levetid og et repræsentativt årligt forbrugsniveau

$$\Delta LU_j(a_j) = f(\Delta L_j^e(a_j), c_j^{rep})$$

f.eks.

$$\Delta LU_j(a_j) = \Delta L_j^e(a_j) \cdot c_j^{gns}(\text{år})$$

3) Funktion af ændringen i den forventede livstidsnytte og spredningen herpå

$$\Delta LU_j(a_j) = f(\Delta LU_j(a_j), \Delta \delta(LU_j(a_j)))$$

hvor ændringen i livstidsnyttens og spredningen herpå kan beregnes ud fra funktionen under enten pkt. 1 eller pkt. 2.

Den objektive bestemmelse af ændringen i livstidsnyttens opgør denne som nutidsværdien af den, med ændringen i overlevelsessandsynlighederne, vægtede sum af forbruget i de enkelte år - dvs.

$$\Delta LU_j(a_j) = \sum_{t=0}^{\infty} c_j^t \cdot \Delta s_j^t(a_j) \cdot (1+i_j(v))^{-t}$$

hvor den velfærdsøkonomiske forbrugsdiskonteringsrate  $i_j(v)$  for person  $j$  udelukkende er bestemt af den forventede årlige vækstrate for realforbruget  $g_j$  og elasticiteten for den marginale nytte af forbrug  $v_j$ . Der ses i overensstemmelse med den objektive tilgang, både bort fra den faldende sandsynlighed for at være i live og den rene utålmodighedsbaserede tidspræferencerate  $p_j$  ved fastsættelsen af den velfærdsøkonomiske forbrugsdiskonteringsrate - sml. pkt. 1 ovenfor.

Det fremgår af de opstillede funktioner, at ændringen i livstidsnyttens i alle tilfælde er en funktion af ændringen i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder - eller de aldersbetingede restlevetider, som er en funktion heraf. For at gennemføre en prissætning af ændringen i dødsrisikoen, der afspejler den hermed forbundne ændring i livstidsnyttens, synes det altså nødvendigt, at beskrive dødsrisikoændringens konsekvenser som ændringer i overlevelsessandsynligheder eller forventede restlevetider.

Prissætningen af ændringer i dødsrisikoen har imidlertid ikke altid taget udgangspunkt i en sådan beskrivelse af risikoændringens konsekvenser. Det følgende *Kapitel 3* omhandler således den såkaldte *værdi af et statistisk liv* (VSL - value of a statistical life), hvor prissætningen tager udgangspunkt i personers betalingsvillighed (WTP - willingness to pay) for en ændring i antallet af døde af en bestemt årsag. Det diskuteres, hvorvidt VSL kan fortolkes ind i en livstidsnyttensammenhæng, når personernes betalingsvillighed er udtrykt for en ændring i antallet af døde og ikke for en ændring i overlevelsessandsynlighederne.

Hvis prissætningen skal afspejle nulevende personers vurdering af dødsrisikoændringens konsekvenser for deres livstidsnytte, er det nødvendigt at spørge personerne om deres *WTP* for en ændring i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder eller forventede restlevetider. Dette er også sket i de senere år, hvor man direkte har spurgt om personers *WTP* for en ændret forventet levetid. Sigtet med undersøgelserne har været at fastsætte *værdien af et leveår* (*VOLY* - value of a life-year). Denne værdi kan principielt også udledes ud fra *VSL*, men dette kræver en ganske særlig fortolkning af *VSL*, hvor denne antages at afspejle værdien af et vist antal leveår. I betragtning af at *VSL* er fastsat ud fra personers betalingsvillighed for en ændring i antallet af døde af en bestemt årsag, er en sådan fortolkning behæftet med stor usikkerhed.

Derfor bør den direkte interviewbaserede tilgang til bestemmelsen af *VOLY* formentlig foretrækkes. I *Kapitel 4* diskuteres det, hvorledes personers betalingsvillighed for en levetidsændring kan fortolkes ind i en livstidsnyttesammenhæng. Dette sker med udgangspunkt i de opstillede formler for ændringer i livstidsnytten. Det er imidlertid slet ikke sikkert, at der ligger livstidsnytteovervejelser til grund for personernes udtrykte *WTP* for en ændring i den forventede (rest)levetid.

I *Kapitel 5* diskuteres det derfor kort, om personernes overvejelser vedrørende betalingsvillighed i højere grad kan ledes ind i livstidsnyttebaner ved direkte at specificere konsekvenserne af ændringen i dødsrisikoen som ændringer i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder. For en specifik ændring heri kan det imidlertid være vanskeligt at fortolke personernes *WTP* på en sådan måde, at de kan benyttes ved andre ændringer i overlevelsessandsynlighederne.

Fortolkningen af personernes *WTP* sigter i alle tilfælde - hvad enten det er *VSL*, *VOLY* eller en helt tredje værdi, man ønsker at estimere - mod at bestemme en repræsentativ eller gennemsnitlig værdi, der kan anvendes generelt i velfærdsøkonomiske analyser. Dette giver anledning til nogle særlige beregningstekniske problemer, når det betænkes, at personernes årlige *WTP* er udtryk for forskellige tidshorisonter (personerne har forskellige forventede restlevetider) og fastsat under hensyntagen til forskellige helt personlige diskonteringsrater, der formentlig adskiller sig fra den velfærdsøkonomiske diskonteringsrate. Der er tale om en helt generel beregningsproblemstilling, der vedrører fortolkningen af *WTP* for alle typer af goder, og ikke kun betalingsvillighederne for ændringer i dødsrisikoen. Problemstillingen behandles i *Kapitel 3* og *4* ved fastsættelsen af *VSL* og *VOLY*.

Den subjektive tilgang til prissætningen, hvor denne skal afspejle nulevende personers vurdering af dødsrisikoændringens konsekvenser for deres livstidsnytte, kræver, at man spørger om personernes *WTP* for nærmere specificerede konsekvenser af dødsrisikoændringen. De afgivne svar giver anledning til fortolkningsproblemer, som kan undgås, hvis man anlægger den objektive tilgang til prissætningen. Denne omtales mere udførligt i *Kapitel 6*. Godt nok undgår man umiddelbart at fortolke personers afslørede betalingsvilligheder, men den objektive tilgang kræver til gengæld, at værdien af personernes årlige forbrug i vid forstand opgøres. Denne værdi omfatter ikke alene nationalregnskabet's private

og offentlige forbrug, men også forbruget af alle andre velfærdsrelevante goder. Værdien af dette forbrug kan kun fastsættes ved at afsløre personernes *WTP* herfor. Dette giver igen anledning til fortolkningsproblemer. Der er dog fortsat meget der taler for, at den objektive tilgang er den fra et etisk synspunkt korrekte.

### 3 Betalingsvilligheden for en ændring i antallet af døde af en bestemt årsag - værdien af et statistisk liv *VSL*

Hvis der anlægges en subjektiv tilgang til værdisætningen af ændringer i dødsrisikoen, og værdisætningen derfor baseres på nulevende personers præferencer, er det relevant at spørge personer om deres betalingsvillighed *WTP* for ændringen. Dette giver anledning til en række problemstillinger - både vedrørende hvorledes der skal spørges, og hvorledes svarene efterfølgende skal fortolkes.

I dette kapitel er udgangspunktet, at personer er blevet spurgt om deres årlige betalingsvillighed for at opnå eller undgå en ændring i det årlige antal døde af en bestemt årsag. Hensigten hermed er at udlede en værdi for et statistisk liv *VSL*. I *afsnit 3.1* omtales den simple udledning heraf, hvor der ikke er foretaget nogen egentlig nytteetisk fortolkning af betalingsvillighederne.

I *afsnit 3.2* fortolkes *WTP* som udtryk for værdien af det forbrug, som personer er villige til at opgive, for at opnå den beskrevne ændring i det årlige antal døde. Herved opfattes denne ændring som enhver anden forbrugsændring og betalingsvilligheden herfor som indikator på den marginale nytte af ændringen.

I følge det nytteetiske grundlag bør værdisætningen imidlertid, som omtalt i *Kapitel 2*, afspejle ændringen i livstidsnyttens for de berørte personer. *WTP* skal altså være en indikator på ændringen i livstidsnyttens og ikke blot på den marginale nytte af en årlig forbrugsændring. Det er imidlertid ikke sikkert, at personer, som spørges om deres betalingsvillighed for en ændring i antallet af døde, overhovedet lægger konsekvenserne for livstidsnyttens til grund for deres besvarelse. De tænker muligvis blot på den utryghed, der er forbundet med risikoændringen, eller muligvis på, at deres forventede levetid bliver påvirket heraf.

I *afsnit 3.3* undersøges det, om det er muligt at fortolke personernes *WTP* for en ændring i det årlige antal døde som indikator på en ændring i den forventede livstidsnytte. Den mere præcise fortolkning afhænger selvfølgelig af, hvilken livstidsnyttefunktion der bedst repræsenterer personernes præferencer. Fortolkningen og omregningen afhænger også af, hvorledes resultaterne skal benyttes i det videre analysearbejde.

Hvis resultaterne skal indgå i traditionelle velfærdsøkonomiske analyser, hvor årlige forbrugsændringer diskonteres med en velfærdsøkonomisk forbrugsdiskonteringsrate, bør der ved fortolkningen af de årlige *WTP* tages der hensyn til, at disse afspejler individuelle tidspræferencer og forskellige forventede restlevetider. I *afsnit 3.4* og *3.5* diskuteres hvorledes der kan tages højde for disse forhold. I *afsnit 3.6* diskuteres det endelig, om *VSL* kan fortolkes som udtryk for værdien af det forventede fremtidige forbrug for en gennemsnitlig person der dør.



### 3.1 Simpel udledning af VSL – personernes betalingsvilligheder indfortolkes ikke i en livstidsnyttensammenhæng

Når den forventede ændring i dødsrisikoen udtrykkes som en ændring i det antal personer pr. 1000 personer, der vil dø af en bestemt årsag i hvert af de kommende år, er der tale om en relativt upræcis beskrivelse af ændringen i dødsrisikoen - jf. *afsnit 1.5*. Oplysningen er ikke nødvendigvis forkert, men det er ikke klart, hvad ændringen betyder for den enkelte persons dødsrisiko.

Personen har ingen mulighed for at omregne en årlig stigning i antallet af døde af en bestemt årsag til en ændring i personens fremtidige overlevelsessandsynligheder. Hyppigheden af dødsfald af den angivne årsag er ganske vist steget; men så er hyppigheden af dødsfald af andre årsager måske i nogen grad faldet.

Den enkelte person har heller ikke mulighed for at vurdere, hvor meget stigningen i antallet af dødsfald af den angivne årsag betyder for vedkommendes forventede levetid. F.eks. er det muligt, at 100 flere døde i trafikuheld giver anledning til flere tabte leveår end 100 flere døde af kræft. Trafikuheld rammer personer i alle aldre, mens kræft måske især rammer ældre.

På denne baggrund vil det være forbundet med store problemer at fortolke personers betalingsvillighed for en ændring i antallet af døde af en bestemt årsag. Det er først og fremmest uklart, hvorledes personen har fortolket spørgsmålet, og dermed hvad han svarer på. Det er også vanskeligt at anlægge en livstidsnyttebetragtning ved fortolkningen af svarelsen, når dette strengt taget ikke er muligt. Personen har, som nævnt, hverken mulighed for at omsætte ændringen i antallet af døde af en bestemt årsag til en ændring i de fremtidige overlevelsessandsynligheder eller i den forventede levetid. Det er i så fald vanskeligt at omsætte den udtrykte betalingsvillighed til et udtryk for ændringen i den forventede livstidsnytte.

Der er imidlertid en praktisk fordel ved at udtrykke ændringen i dødsrisikoen som en ændring i det årlige antal døde af en bestemt årsag. En sådan beskrivelse er nemlig helt parallel til beskrivelsen af projektets øvrige reale konsekvenser, som også opgøres på årsbasis. Tilsvarende kan befolkningens årlige betalingsvillighed for ændringen i det årlige antal døde, opfattes som en beregningspris, der svarer til køberpriserne for markedsomsatte goder. Betalingsvilligheden er udtryk for værdien af det forbrug personen er villig til at opgive, for at opnå den beskrevne ændring i det årlige antal døde.

Problemet er selvfølgelig blot, at køberpriserne på markedsomsatte goder kan benyttes som indikatorer på personernes marginale nytte af goderne, hvilket er vanskeligere med betalingsvilligheden for en ændring i det årlige antal døde af en bestemt årsag. Umiddelbart kan man antage, at den årlige betalingsvillighed er udtryk for et marginalt årligt nyttetab; men da personerne ikke rigtig ved, hvilken betydning ændringen har for deres overlevelsessandsynligheder og forventede levetider, bør man nok

være forsigtig med at acceptere en sådan antagelse. Personerne ved ganske enkelt ikke rigtig, hvad de har udtrykt betalingsvillighed for.

Når betalingsvilligheden for et færre antal døde af en bestemt årsag alligevel er så forholdsvis hyppigt anvendt ved værdisætning af ændringer i dødsrisikoen, skyldes det muligvis, at den årlige betalingsvillighed let kan benyttes i alle vurderingssammenhænge som værdien af et statistisk liv  $VSL$ . Denne bestemmes som alle de berørte personers samlede årlige betalingsvillighed divideret med den forventede stigning i det årlige antal døde. Anvendelsen af  $VSL$  i forbindelse med velfærdsøkonomisk vurdering kræver herefter blot, at ændringen i dødsrisikoen udtrykkes som en stigning i det årlige antal døde af en bestemt årsag. Dette antal kan umiddelbart multipliceres med  $VSL$  til et udtryk for den årlige værdi af ændringen i dødsrisikoen.

Personerne  $j$  er altså blevet spurgt om og har hver især udtrykt en årlig  $WTP_j(\Delta D)$  for at undgå en stigning  $\Delta D$  i antallet af døde pr. år af en bestemt årsag. Værdien af et statistisk liv  $VSL$  beregnes herefter som personernes samlede årlige  $WTP(\Delta D)$  divideret med den oplyste stigning i antal årligt døde  $\Delta D$ . Man har:

$$(33) \quad VSL = \frac{\sum_{j=1}^N WTP_j(\Delta D)}{\Delta D}$$

Den beregnede  $VSL$  kan herefter direkte benyttes i alle andre sammenhænge, hvor ændringen i dødsrisikoen angives eller omregnes til en ændring i det årlige antal døde af en bestemt årsag. Værdien af ændringen i dødsrisikoen  $V(\Delta D_t)$  beregnes i hvert år som ændringen i antallet af døde det pågældende år  $\Delta D_t$  multipliceret med  $VSL$  - altså  $V(\Delta D_t) = \Delta D_t \cdot VSL$ .

### 3.2 Den årlige betalingsvillighed som udtryk for ændringen i det forventede samlede årlige forbrug

Den skildrede simple tilgang til bestemmelsen af  $VSL$  lider under, at det er uklart, hvad personernes  $WTP_j(\Delta D)$  reelt er udtryk for. Hermed bliver det også usikkert, om  $VSL$  med rimelighed kan indgå i velfærdsøkonomiske analyser, hvor de forskellige goders beregningspriser alle antages at være indikatorer på personers marginale nytte heraf.

En persons årlige  $WTP$  kan antages at være udtryk for værdien af det forbrug, vedkommende er villig til at opgive for at opnå den adspurgte ændring i det årlige antal af døde.  $WTP$  kan derfor også fortolkes som en indikator på ændringen i personens forventede årlige forbrug som følge af ændringen i antallet af døde. Dette kræver imidlertid, at den adspurgte person har været i stand til at omsætte ændringen i antallet af døde af en bestemt årsag til en ændring i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder. Dette er strengt taget umuligt. Selvom det indses, at æn-

dringen i antallet af døde  $\Delta D$  som nævnt kun er dækkende for det første år, så ved man kun, at

$$(34) \quad \Delta D^1 = \sum_{j=1}^N \Delta s_j^1$$

dvs. at ændringen i antallet af døde det første år  $\Delta D^1$  er lig med summen af ændringerne i personernes overlevelsessandsynligheder det første år  $\Delta s_j^1$ . På dette grundlag er det ikke muligt for den enkelte person at afgøre, hvorledes hans specifikke overlevelsessandsynligheder påvirkes. Strengt taget bør  $\Delta D^1$  i denne beregning korrigeres for en eventuel ændring i antallet af døde af andre årsager, således at det kun er nettoændringen i antallet af døde det første år, som indgår i *formel (21)*.

Hvis alle de adspurgte personer imidlertid antager, at de rammes lige meget af ændringen i dødsrisikoen, vil ændringen i overlevelsessandsynligheden være ens for dem alle - dvs.  $\Delta s_j^1 = \Delta s$  for alle  $j$ . I så fald kan

$$\Delta s \text{ beregnes som } \Delta s = \frac{\Delta D^1}{N}.$$

Det er imidlertid langt fra sikkert, at antagelsen om, at  $\Delta s_j^1 = \Delta s$  for alle  $j$  er korrekt. Dette vil måske være tilfældet, hvis der er tale om en ændring i trafiksikkerheden langs en bestemt vejstrækning, men formentlig ikke i alle tilfælde, hvis der er tale om en ændring i miljøbelastningen. Omvendt er det, som nævnt, utænkeligt, at personerne skulle være i stand til at omsætte oplysningen om  $\Delta D^1$  til personspecifikke  $\Delta s_j^t$ . I det følgende argumenteres der derfor videre ud fra, at personerne har antaget  $\Delta s_j^1 = \Delta s$  for alle  $j$ .

For at kunne benytte den konstante årlige  $WTP_j(\Delta D)$  som indikator på ændringen i det forventede årlige forbrug er det imidlertid også nødvendigt at antage, at  $\Delta s$  er konstant over tid - dvs.  $\Delta s_j^1 = \Delta s_j^t = \Delta s$  for alle  $j$  og alle  $t$ . Dette er også en heroisk og formentlig også fejlagtig antagelse. Dette skyldes, at  $\Delta s$  er beregnet som en procentpointændring i overlevelsessandsynlighederne. Hvis denne procentpointændring antages at være konstant over tid, så vil en negativ ændring indebære, at alle personers overlevelsessandsynligheder for de senere mulige leveår bliver nul. Dette forekommer ikke realistisk. Derimod kan det udmærket tænkes, at den procentvise ændring i de fremtidige overlevelsessandsynligheder er konstant; men så er  $\Delta s$  ikke konstant over tid.

Hvorledes personerne har håndteret denne problemstilling i deres udledning af en konstant årlig betalingsvillighed  $WTP_j(\Delta D)$  er ikke klart. Det er muligt, at de simpelthen har set bort fra problemet. Hvis dette er

tilfældet, kan  $WTP_j(\Delta D)$  herefter direkte fortolkes som udtryk for ændringen i den enkelte persons forventede årlige forbrug  $WTP_j(\Delta D) = \Delta s \cdot c_j$ , idet personen her antages at forudsætte et konstant årligt forbrug  $c_j$  i de år, hvor han er i live.

Med alle disse antagelser kan værdien af ændringen i dødsrisikoen  $V(\Delta D) = \Delta D \cdot VSL$  herefter fortolkes som udtryk for en ændring i det forventede samlede årlige forbrug. Man har således

$$(35) \quad V(\Delta D) = \Delta D \cdot VSL = \Delta D \cdot \frac{\sum_{j=1}^N WTP_j(\Delta D)}{\Delta D} = \sum_{j=1}^N \Delta s \cdot c_j = \Delta s \cdot C$$

Den beregnede ændring i værdien af det forventede årlige forbrug  $\Delta s \cdot C = \Delta D \cdot VSL$  kan endelig indgå i det samlede velfærdsøkonomiske regnestykke, som også omfatter værdien af alle andre årlige forbrugsændringer. Dette er formentlig baggrunden for at værdisætte ændringen i dødsrisikoen ved brug af  $VSL$ .

Den beskrevne tilgang bygger imidlertid på en række diskutabile antagelser om de adspurgte personers omregning af ændringen i antal døde til en konstant procentpointændring i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder, og om den årlige betalingsvillighed som udtryk for en ændring i det forventede årlige forbrug. Den beskrevne tilgang kan derfor kritiseres på følgende punkter:

- Beskrivelsen af ændringen i dødsrisikoen er utilstrækkelig.
- Det antages, at personernes betalingsvillighed afspejler ændringen i det forventede årlige forbrug - en særlig livstidsnyttelfunktion forudsættes.
- Der er set bort fra, at personernes betalingsvillighed formentlig afspejler deres tidspræferencer.
- Der er set bort fra, at personerne har udtrykt årlige betalingsvilligheder for helt forskellige forventede restlevetider.
- Det antages, at den årlige betalingsvillighed og dermed  $VSL$  vil være konstant over tid, selvom de adspurgte nulevende personer efterhånden dør og erstattes af fremtidige personer.

Der er allerede i *afsnit 1.5* gjort grundigt rede for, at det er misvisende at beskrive ændringen i dødsrisikoen som en ændring i antallet af døde af en bestemt årsag. For det første kan beskrivelsen misforstås som udtryk for en permanent ændring i det samlede årlige antal døde. Dette kan der selvsagt kun være tale om på kort sigt. På længere sigt er det årlige antal døde i demografisk ligevægt lig med det årlige antal nyfødte. For det andet kan en given ændring i antallet af døde af en bestemt årsag dække over meget forskellige ændringer i personernes overlevelsessandsynligheder, og dermed ændringer i de forventede restlevetider. Endelig påvirker ændringen i dødsrisikoen befolkningstallet (antallet af personer, der er i live hvert år i en demografisk ligevægt) og dermed også det årlige antal døde af en bestemt årsag. Dette tal er altså ikke konstant på kort

sigt, men først på længere sigt, når den demografiske ligevægt er indtruffet.

Når personer svarer på spørgsmål om deres *WTP* for at undgå en ændring i dødsrisikoen, er det vigtigt for anvendelsen af svarene i det videre analysearbejde, at disse bliver fortolket korrekt - dvs. at det er nogenlunde klart, hvilke overvejelser der ligger til grund for personernes svar. Grundlaget for fortolkningen kan være livstidsnyttefunktionerne, som de blev opstillet i *Kapitel 2*. Dvs. *WTP* fortolkes som indikator på en ændring i livstidsnyttens. Det er imidlertid slet ikke sikkert, at personerne er i stand til at omsætte de fremlagte oplysninger om ændringer i dødsrisikoen til ændringer i livstidsnyttens. Det kan, som omtalt, være følelser af utryghed eller rene overvejelser om forventet levetid, der ligger bag svarene. Hvis personer faktisk gør sig livstidsnytteovervejelser, er det også afgørende, hvorledes livstidsnyttens antages at blive bestemt af den enkelte person - dvs. hvilken livstidsnyttefunktion der antages at ligge til grund for *WTP*. I det følgende *afsnit 3.3* diskuteres det, om *VSL* overhovedet kan indfortolkes i en livstidsnyttesammenhæng.

Personernes årlige *WTP* afspejler formentlig deres personlige tidspræferencer. Disse afhænger både af forventningerne til udviklingen i realforbruget og dermed den marginale nytte af forbrug, den faldende overlevelsessandsynlighed - dvs. den faldende sandsynlighed for at blive påvirket af den ændrede dødsrisiko - og ren utålmodighed. Det er et problem, fordi personernes tidspræferencerate formentlig adskiller sig fra den diskonteringsrate, som i øvrigt anvendes i velfærdsøkonomiske analyser. De afslørede betalingsvilligheder bør i givet fald korrigeres herfor, hvis de skal indgå velfærdsøkonomiske analyser sammen med andre forbrugsændringer. Problemstillingen behandles mere udførligt i *afsnit 3.4*.

De adspurgte personer har typisk forskellig alder og dermed forskellig forventet restlevetid. De anlægger derfor forskellig tidshorizont, når de udtrykker deres årlige *WTP*. Dette giver anledning til et særligt problem ved beregningen af den gennemsnitlige betalingsvillighed. Det gennemsnit, som kan beregnes for det første år, når alle de adspurgte personer er live, er ikke nødvendigvis dækkende for den gennemsnitlige betalingsvillighed i et senere år, når kun nogle af de adspurgte stadig er i live.

Denne problemstilling hænger sammen med problemstillingen vedrørende fremtidige personers *WTP*. Det er normalt at antage, at den gennemsnitlige årlige *WTP*, som kan beregnes på grundlag af alle de adspurgtes afgivne svar, er konstant over tid. Hvis det forudsættes, at befolkningen er i demografisk ligevægt, vil den gennemsnitlige årlige betalingsvillighed være konstant, hvis de til enhver tid eksisterende personer i hver aldersgruppe netop har en *WTP* svarende til den, de nulevende personer i hver aldersgruppe har udtrykt. Dette indebærer, at betalingsvillighederne er aldersbetingede, således at personerne må antages at ændre betalingsvillighed over tid.

Over for denne antagelse kan man forudsætte, at de nulevendes årlige *WTP* i hvert af de kommende år netop er lig med den *WTP*, de har udtrykt i interviewundersøgelsen. De nulevende personer falder efterhånden

den bort og erstattes af fremtidige personer. Deres betalingsvillighed kunne antages at svare til de yngste nulevendes *WTP*. Hermed vil den gennemsnitlige betalingsvillighed ændres over tid, indtil der ikke er flere nulevende personer i live. Det er klart, at fortolkningen og den senere anvendelse af de afgivne *WTP*-svar i høj grad afhænger af, hvilken af de to tilgange til beregningen af den gennemsnitlige betalingsvillighed der benyttes.

Problemstillingerne vedrørende de adspurgte personers forskellige tidshorisonter for deres betalingsvillighed og fastsættelsen af fremtidige personers betalingsvillighed behandles i *afsnit 3.5*.

### 3.3 Kan VSL overhovedet fortolkes som udtryk for en ændring i personers forventede livstidsnytte

De adspurgtes årlige betalingsvillighed for en ændring i antallet af døde kan, som omtalt i *afsnit 3.2*, fortolkes som udtryk for en ændring i det årlige forventede forbrug - dvs.  $WTP_j(\Delta D) = \Delta s \cdot c_j$ . Hvis resultatet af denne fortolkning skal benyttes som indikator på ændringen i personernes livstidsnytte, er det nødvendigt at forudsætte en bestemt livstidsnyttefunktion - nemlig  $LU_j = \sum_{t=1}^{\infty} u_j(c_j^t) \cdot s_j^t$  - jf. *Formel (13)*. Heraf fås ændringen i livstidsnytten  $\Delta LU_j$ , hvis ændringen i overlevelsessandsynligheden  $\Delta s$  og det årlige forbrug udtrykt i mængdeenheder  $\bar{c}_j^m$  begge antages at være konstante over tid, som

$$(36) \quad \Delta LU_j = \sum_{t=1}^{L_j^e} u_j(\bar{c}_j^m) \cdot \Delta s = \sum_{t=1}^{L_j^e} \frac{du_j(c_j^t)}{dc_j^t} \cdot \bar{c}_j^m \cdot \Delta s = L_j^e \cdot \bar{c}_j^v \cdot \Delta s$$

$\frac{du_j(c_j^t)}{dc_j^t}$  er beregningspriserne på forbrugsgoderne, og  $\bar{c}_j^v$  er den konstante beregningsprisværdi af det årlige mængdemæssige forbrug af goder  $\bar{c}_j^m$  -  $\bar{c}_j^v = \frac{du_j(c_j^t)}{dc_j^t} \cdot \bar{c}_j^m$ . Da personernes betalingsvillighed blev fortolket som udtryk for ændringen i værdien af det årligt forventede forbrug  $WTP_j(\Delta D) = \Delta s \cdot \bar{c}_j^v$ , ses det, at betalingsvilligheden - også ved at multiplicere  $WTP_j(\Delta D)$  med personens forventede restlevetid  $L_j^e$  - kan indgå i beregningen af en indikator på ændringen i personernes livstidsnytte.

$$(37) \quad \Delta LU_j = L_j^e \cdot \bar{c}_j^v \cdot \Delta s = L_j^e \cdot WTP_j(\Delta D)$$

$WTP_j(\Delta D)$  kan også indfortolkes i en livstidsnyttesammenhæng ved brug af en anden livstidsnyttedefunktion - nemlig den der udtrykkes i *formel (13)*  $LU_j = L_j^e \cdot u_j^{gns}(\text{år})$ . Livstidsnyttens opgøres som produktet af det gennemsnitlige årlige nytteniveau og den forventede levetid. Heraf fås med tilsvarende argumentation som ovenfor, at  $LU_j = L_j^e \cdot \bar{c}_j^v$ , idet den konstante beregningsprisværdi af det årlige forbrug  $\bar{c}_j^v$  antages at være indikator på det gennemsnitlige årlige nytteniveau  $u_j^{gns}(\text{år})$ . Heraf fås

$$(38) \quad \Delta LU_j = \Delta L_j^e \cdot \bar{c}_j^v = L_j^e \cdot \Delta s \cdot \bar{c}_j^v = L_j^e \cdot WTP_j(\Delta D)$$

Disse simple fortolkninger af  $WTP_j(\Delta D)$  i en livstidsnyttesammenhæng forudsætter imidlertid, at personerne faktisk tænker i ændringer i det forventede livstidsforbrug, når de afgiver deres betalingsvillighed. Fortolkningerne forudsætter også, at personerne ikke har indkalkuleret tidspræferencer, når det bestemmer deres årlige  $WTP_j(\Delta D)$ . Hvis den årlige betalingsvillighed også afspejler personernes tidspræferencer, bliver de angivne simple fortolkninger vildledende. Fortolkningen bør i så fald også omfatte tidspræferencerne.

### 3.4 De adspurgte personers tidspræferencer - diskontering

Personernes udtrykte årlige  $WTP_j(\Delta D)$  må antages at afhænge af deres tidspræferencer, der både er udtryk for ren utålmodighed, faldende sandsynlighed for at være i live og forventninger til udviklingen i realforbruget - jf. *formel (24)*. Dvs., at man ikke umiddelbart, som med andre goder, kan diskontere de udtrykte årlige betalingsvilligheder med den velfærdsøkonomiske forbrugsdiskonteringsrate  $i$ . Denne diskonteringsrate er nemlig ikke den samme som personernes individuelle diskonteringsrater  $i_j$ , som de har baseret deres svar på. Den velfærdsøkonomiske diskonteringsrate er alene udtryk for ændringen i den marginale nytte af forbrug som følge af forventninger om en årlig stigning i realforbruget, og den udtrykker således ikke personernes faldende sandsynlighed for at være i live og utålmodighed. Dette betyder også, at den årlige værdi af ændringen i antallet af døde  $V(\Delta D)$  og dermed  $VSL$  ikke direkte kan diskonteres med den velfærdsøkonomiske forbrugsdiskonteringsrate.

Hvis personerne har stærke tidspræferencer - dvs.  $i_j$  er høj - er de årlige  $WTP_j(\Delta D)$  formentlig overvurderet. Personerne tillægger nemlig i så fald en betaling om ti år en meget lille værdi og vil derfor *ex ante* have tendens til at udtrykke for store betalingsvilligheder. Når det pågældende år indtræffer, vil personen formentlig helst ikke afgive så meget forbrug, som han udtrykte *ex ante*. Personernes årlige *ex ante*  $WTP_j(\Delta D)$

bør derfor nedjusteres for at opnå et mere sandfærdigt udtryk for, hvad personerne faktisk vil betale i hvert af de kommende år.

For at opnå en årlig betalingsvillighed og dermed *VSL*, der direkte kan diskonteres med den velfærdsøkonomiske diskonteringsrate, kan nedjusteringen  $WTP_j(\Delta D)$  ske ved først at beregne nutidsværdien  $PV(WTP_j(\Delta D))$  af hver persons  $WTP_j(\Delta D)$  ved diskontering med personens egen forbrugsdiskonteringsrate  $i_j$  over personens forventede restlevetid  $L_j^e$ . Herved opnås en indikator på personens egen vurdering af nutidsværdien af det mistede livstidsforbrug. Denne værdi afspejler personens stærke tidspræferencer - en betaling om ti år tillægges *ex ante* meget lille værdi. For at opnå et mere sandfærdigt udtryk for den reelle fremtidige årlige betalingsvillighed, kan man herefter annuisere den beregnede nutidsværdi  $PV(WTP_j(\Delta D))$  med den væsentlig lavere velfærdsøkonomiske forbrugsdiskonteringsrate  $i$ . Herved opnås en korrigeret årlig  $WTP_j^{korr}(\Delta D)$ , som ganske vist er mindre end den, personerne har udtrykt, men som er "renset" for personlige tidspræferencer.

Man har fra *formel (24)*, at ændringen i person  $j$ 's livstidsnytte kan beregnes som nutidsværdien af de forventede ændringer i personens forbrug som følge af ændringerne i overlevelsessandsynligheden.

$$\Delta LU_j(a_j) = \sum_{t=0}^{\infty} c_j^0 \cdot (1+g_j)^t \cdot \Delta s_j^t(a_j) \cdot (1+i_j)^{-t}$$

I formelen er indlagt en antagelse om, at personens realforbrug stiger med  $g_j$  procent om året. Dette antages også at være afspejlet i personens forbrugsdiskonteringsrate  $i_j$ , som herudover også er udtryk for ren utålmodighed og faldende sandsynlighed for at være i live.

Hvis de udtrykte årlige betalingsvilligheder  $WTP_j(\Delta D)$  herefter antages at svare til den annuiserede værdi af ændringen i det årligt forventede forbrug - dvs.

$$WTP_j(\Delta D) = a(L_j^e, i_j) \cdot \left( \sum_{t=0}^{\infty} c_j^0 \cdot (1+g_j)^t \cdot \Delta s \cdot (1+i_j)^{-t} \right)$$

- hvor personerne ligesom ovenfor antages at forudsætte en konstant procentpointændring i overlevelsessandsynligheden  $\Delta s$ , fås ændringen i livstidsnyttens som nutidsværdien af den udtrykte årlige betalingsvillighed.

$$\begin{aligned} \Delta LU_j(a_j) &= \sum_{t=0}^{\infty} c_j^0 \cdot (1+g_j)^t \cdot \Delta s \cdot (1+i_j)^{-t} = \sum_{t=0}^{L_j^e} WTP_j(\Delta D) \cdot (1+i_j)^{-t} \\ (39) \qquad \qquad &= PV(WTP_j(\Delta D)) \end{aligned}$$



Endelig kan den korrigerede årlige betalingsvillighed  $WTP_j^{korr}(\Delta D)$  beregnes ved at annuisere  $PV(WTP_j(\Delta D))$  med den velfærdsøkonomiske diskonteringsrate  $i$ . Dvs.

$$(40) \quad WTP_j^{korr}(\Delta D) = a(L_j^e, i) \cdot PV(WTP_j(\Delta D)) = a(L_j^e, i) \cdot \sum_{t=0}^{L_j^e} WTP_j(\Delta D) \cdot (1+i)^{-t}$$

De beregnede  $WTP_j^{korr}(\Delta D)$  kan endelig benyttes til at beregne en korrigeret værdi på et statistisk liv  $VSL^{korr}$ , der direkte kan indgå i en velfærdsøkonomisk beregning af værdien i den årlige ændring i antallet af døde  $V(\Delta D)$ , og som direkte kan diskonteres med den velfærdsøkonomiske diskonteringsrate. Man har

$$(41) \quad VSL^{korr} = \frac{\sum_{j=1}^N WTP_j^{korr}(\Delta D)}{\Delta D} \quad \text{og} \quad V(\Delta D) = VSL^{korr} \cdot \Delta D$$

Ved denne korrigerede beregning af  $VSL$  er der taget højde for, at personernes årlige betalingsvilligheder formentlig afspejler en tidspræferencebestemt diskonteringsrate, der adskiller sig fra den velfærdsøkonomiske diskonteringsrate. Der er derimod ikke taget højde for, at personerne muligvis har udtrykt årlige betalingsvilligheder for helt forskellige tidshorisonter. Dette vil under alle omstændigheder være tilfældet, hvis ikke tidshorisonten for betalingerne har været nøje specificeret i betalingsvillighedsundersøgelsen.

### 3.5 Personerne har udtrykt årlige betalingsvilligheder for helt forskellige forventede restlevetider

#### 3.5.1 Argumenter for og imod at korrigere personers årlige WTP for forskelle i personernes tidshorisonter

Korrektionen af personernes betalingsvillighed for forskellen mellem deres personlige diskonteringsrate og den velfærdsøkonomiske diskonteringsrate inddrog direkte de enkelte personers forventede restlevetider. Dette var nødvendigt, for overhovedet at kunne foretage korrektionen, der både omfatter beregning af en nutidsværdi og annuisering. Det blev implicit antaget, at de årlige betalingsvilligheder  $WTP_j(\Delta D)$  var udtrykt som en villighed til at betale det pågældende beløb resten af den forventede levetid. Derfor blev korrektionen foretaget med udgangspunkt heri.

Det behøver imidlertid ikke at være sådan. Undertiden bliver personer spurgt om deres årlige betalingsvillighed over en nærmere specificeret tidshorison. Disse betalingsvilligheder kan være vanskelige at fortolke, fordi den specificerede tidshorison adskiller sig fra mange af de adspurgtes forventede restlevetid. Det må således formodes, at personer har inddraget denne i deres overvejelser om, hvor meget de ønsker at betale om året.

De personer, hvis forventede restlevetid er kortere end den specificerede tidshorisont, må antages at have erkendt, at de ikke vil komme til at betale over hele tidshorisonten. Deres betalingsvillighed må være udtryk for, hvad de vil betale resten af livet og ikke længere. De vil også kun have nytte af ændringen i dødsrisikoen inden for denne tidshorisont. Omvendt vil de personer, som forventer at leve længere end den specificerede tidshorisont, tage i betragtning, at de vil have nytte af ændringen i dødsrisikoen over en længere tidshorisont end den specificerede. Dette må antages at være afspejlet i deres årlige betalingsvillighed inden for den specificerede tidshorisont.

Så uanset om der er spurgt om den årlige betalingsvillighed for en nærmere specificeret tidshorisont eller ej, må en fortolkning af svarene i en livstidsnyttensammenhæng involvere de adspurgte personers forventede restlevetider. I det følgende argumenteres der derfor videre ud fra antagelsen om, at de årlige betalingsvilligheder er udtrykt for tidshorisonter svarende til de forventede restlevetider.

Normalt ses der bort fra dette ved beregningen af *VSL*. Argumentationen herfor er formentlig følgende. Det antages, at uanset hvilket fremtidigt år man spørger personer om deres årlige betalingsvillighed for en ændring i antallet af døde, vil man opnå samme svar. De udtrykte årlige betalingsvilligheder antages altså at være udtryk for, hvad befolkningen til enhver tid vil betale i et bestemt år for en ændring i antallet af døde.

Dette indebærer imidlertid, at de udtrykte årlige betalingsvilligheder aligevel ikke er udtryk for, hvad hver person vil betale i de kommende år. Tværtimod gælder de kun for det første år. Dette skyldes, at året efter er de enkelte personer blevet et år ældre, og nu antages det, i overensstemmelse med den ovenstående argumentation, at de vil betale et årligt beløb svarende til, hvad personer i denne aldersgruppe ville betale det første år. Dette er den nødvendige konsekvens af at antage, at en befolkning med en given alderssammensætning over tid vil betale det samme for en ændring i antallet af døde. De aldersbetingede betalingsvilligheder er i så fald nødt til at være konstante over tid, hvis man ikke ligefrem forudsætter, at nye unge personers betalingsvillighed netop svarer til de afdøde gamle personers, hvilket forekommer endnu mere usandsynligt.

Hvis forventningerne til det årlige forbrug er uændret, kan en persons årlige betalingsvillighed for en ændring i dødsrisikoen ikke være aldersbetinget, hvis ændringen i dødsrisikoen - ligesom i de foregående afsnit - kan beskrives ved en konstant procentpointændring i overlevelsessandsynligheden  $\Delta s$ . Hvis ændringen i dødsrisikoen derimod rammer forskellige aldersgrupper forskelligt, vil betalingsvilligheden alt andet lige være aldersbetinget. Dette skyldes, at forskellige aldersgrupper vil stå over for forløb af  $\Delta s_j^t$ , der ikke alene er af forskellig varighed, men også udvikler sig forskelligt. Hertil kommer den selvstændige indflydelse af diskonteringen, som også strækker sig over forskellig tidshorisont.

At betalingsvilligheden for en ændring i dødsrisikoen eventuelt afhænger af alderen, er imidlertid irrelevant i en livstidsnyttensammenhæng, hvor personer på et givet tidspunkt bliver stillet over for en given varig

ændring i dødsrisikoen. De udtrykker på dette tidspunkt en betalingsvillighed herfor, som afspejler den forventede ændring i deres livstidsnytte fra dette tidspunkt. At de på et senere tidspunkt i deres liv ville udtrykke en anden betalingsvillighed, afspejler kun, at deres livstidsnytte vil blive påvirket på en anden måde, hvis ændringen i dødsrisikoen sker på et senere tidspunkt. Men nu antages ændringen at ske nu, og så må det være den betalingsvillighed, som udtrykkes nu, der er relevant for opgørelsen af ændringen i de berørte personers livstidsnytte. Nogle ældre personer påvirkes af dødsrisikoændringen i nogle få år, indtil de forventer at være døde, mens andre yngre personer påvirkes heraf i mange år, og fremtidige personer principielt påvirkes heraf hele deres liv.

### 3.5.2 Korrektionen af personers WTP for forskelle i personernes tidshorisonter

Spørgsmålet er herefter, hvorledes *VSL* bør beregnes under disse omstændigheder, således at de enkelte personers livstidsnyttebetragtninger respekteres. Den enkelte persons årlige betalingsvillighed  $WTP_j(\Delta D)$

kan fortolkes som udtryk for den annuierede værdi  $c_j(0, L_j^e)$  af nutidsværdien af ændringen i hans forventede forbrug over hans forventede restlevetid. Man har altså - jf. ovenfor

$$(42) \quad WTP_j(\Delta D) = a(L_j^e, i_j) \cdot \left( \sum_{t=0}^{\infty} c_j^0 \cdot (1+g_j)^t \cdot \Delta s \cdot (1+i_j)^{-t} \right) = \Delta s \cdot c_j(0, L_j^e)$$

og i den korrigerede udgave

$$(43) \quad WTP_j^{korr}(\Delta D) = a(L_j^e, i) \cdot \sum_{t=0}^{L_j^e} \Delta s \cdot c_j(0, L_j^e) \cdot (1+i)^{-t} = \Delta s \cdot c_j^{korr}(0, L_j^e)$$

Denne betalingsvillighed gælder imidlertid kun fra år 0 til år  $L_j^e$ . Dette indebærer, at *VSL* reelt kun kan beregnes som

$$VSL_1^{korr} = \frac{\sum_{j=1}^N WTP_j^{korr}(\Delta D)}{\Delta D}$$

for de år, hvor alle de adspurgte er i live. Dette er et problem, fordi man ofte ønsker at anvende den beregnede *VSL* for længere tidshorisonter. Spørgsmålet er, om det er muligt at beregne en *VSL*, der kan gælde over en længere tidshorison, og samtidig være repræsentativ for de berørte personers tab af forventet årligt forbrug. Der er flere muligheder:

- Beregning af *WTP* for fælles restlevetid og med fælles diskonteringsrate
- Ikke annuisering af den enkeltes nutidsværdi, men af summen af nutidsværdierne
- Indførelse af nye personers *WTP*

Problemet med de forskellige forventede restlevetider kan undgås ved at opfatte nutidsværdien af de  $N$  personers afslørede betalingsvilligheder

$PV(WTP(\Delta D)) = \sum_{j=1}^N PV(WTP_j(\Delta D))$  som værende lig med nutidsværdien af, hvad  $N$  personer med en gennemsnitlig forventet restlevetid

$L_{gns}^e = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N L_j^e$  vil betale over denne periode. Herefter kan der beregnes en korrigeret samlet årlig betalingsvillighed  $WTP_2^{korr}(\Delta D)$  for  $N$  personer ved at annuisere  $PV(WTP(\Delta D))$  med den velfærdsøkonomiske diskonteringsrate  $i$  over den gennemsnitlige forventede restlevetid  $L_{gns}^e$  - dvs.

$WTP_2^{korr}(\Delta D) = a(i, L_{gns}^e) \cdot PV(WTP(\Delta D))$

$$(44) \quad WTP_2^{korr}(\Delta D) = a(i, L_{gns}^e) \cdot PV(WTP(\Delta D))$$

(44)

$$= a(i, L_{gns}^e) \cdot \sum_{j=1}^N \left( \sum_{t=0}^{L_j^e} WTP_j(\Delta D) \cdot (1+i_j)^{-t} \right)$$

Denne beregning forudsætter kendskab til den enkelte persons forventede restlevetid  $L_j^e$  og vedkommendes individuelle diskonteringsrate  $i_j$ .

Et sådant kendskab foreligger ikke nødvendigvis, og man kan derfor i stedet opfatte summen af de afslørede årlige betalingsvilligheder

$WTP(\Delta D) = \sum_{j=1}^N WTP_j(\Delta D)$  som repræsentativ for, hvad  $N$  personer

med en gennemsnitlig forventet restlevetid  $L_{gns}^e = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=1}^N L_j^e$  årligt vil

betale over denne periode. De  $N$  personer antages endvidere at have fælles diskonteringsrate  $i_{rep}$ . Den korrigerede årlige betalingsvillighed

$WTP_3^{korr}(\Delta D)$  kan herefter beregnes som

$$(45) \quad WTP_3^{korr}(\Delta D) = a(i, L_{gns}^e) \cdot \sum_{t=0}^{L_{gns}^e} WTP(\Delta D) \cdot (1+i_{rep})^{-t}$$

Fordelen ved denne metode er, at det ikke er nødvendigt at kende de enkelte adspurgte personers forventede restlevetider  $L_j^e$  og individuelle diskonteringsrater  $i_j$ , for at kunne beregne den korrigerede årlige betalingsvillighed. Svagheden er, at man ikke længere respekterer de enkelte personers betalingsvilligheder, men omsætter dem til et gennemsnit på en mere eller mindre tilfældig måde. Hertil kommer, at den beregnede årlige betalingsvillighed vel reelt kun dækker en periode på  $L_{gns}^e$  år.

Dette kan der rådes bod på ved at antage, at hver persons betalingsvillighed ikke kun gælder for den forventede restlevetid, men for en uendelig tidshorisont. Man antager, at personernes gennemsnitlige betalingsvillighed er repræsentativ for, hvad en repræsentativ person med en

uendelig levetid årligt vil betale. Dette er selvfølgelig en temmelig abstrakt konstruktion; men trods alt en konstruktion, som ofte benyttes i økonomisk teori. Den samlede årlige korrigerede betalingsvillighed kan med disse antagelser beregnes som

$$(46) \quad WTP_4^{korr} = i \cdot \frac{1}{i_{rep}} \cdot \sum_{j=1}^N WTP_j(\Delta D)$$

Problemet ved de hidtidige korrektioner af  $WTP_j(\Delta D)$  for forskelle i de adspurgte personers restlevetider er, at de ikke respekterer, at de adspurgte personers årlige betalingsvilligheder fra personernes side, er ment at gælde for hele deres forventede restlevetid og kun for denne. Korrektionerne hviler på en antagelse om, at betalingsvillighederne er repræsentative for en til enhver tid eksisterende befolkning. Herved antages også, at de adspurgte personer ændrer betalingsvillighed over tid. Dette gør de sikkert også, hvis ændringen i dødsrisikoen indtræffer på et andet tidspunkt i deres livsforløb; men nu sker ændringen i dødsrisikoen et bestemt år, og så må personernes udtrykte årlige betalingsvillighed herfor respekteres. Dette kan ske ved - ud over de nulevende personers  $WTP_j(\Delta D)$  - også at indføre fremtidige personers betalingsvilligheder i beregningen af *VSL*. Fremtidige personer påvirkes jo også af ændringen i dødsrisikoen, og derfor er deres betalingsvillighed selvsagt også relevant.

Hvis befolkningen antages at være i ligevægt, indebærer det, at det årlige antal døde svarer til det årlige antal nyfødte, og at alderssammensætningen forbliver konstant over tid. Når de nulevende efterhånden dør, erstattes de af nye personer. Disse udsættes for ændringen i dødsrisikoen i hele deres livsforløb. Derfor er det nærliggende at antage, at deres årlige betalingsvillighed herfor svarer til betalingsvilligheden for de yngste nulevende adspurgte personer. Med denne antagelse vil *VSL* ændres over tid, indtil alle de nulevende personer er døde. Herefter antages alle personerne, der er fremtidige personer i forhold til nu, at have samme årlige betalingsvillighed svarende til de yngste nulevendes betalingsvillighed. Man har

$$(47) \quad VSL_5^{korr}(t) = \frac{\sum_{j(t)=1}^{N(t)} WTP_{j(t)}^{korr}(\Delta D)}{\Delta D}$$

hvor  $WTP_{j(t)}^{korr}(\Delta D)$  beregnes ved hjælp af *formel* (43).

Fordelen ved denne beregning af *VSL* er, at den respekterer de adspurgtes årlige betalingsvilligheder for de perioder, som de er tilsigtet at gælde. Til gengæld kan man ikke arbejde med én *VSL*, men med en tidsserie.

### 3.5.3 Sammenfatning

Værdien af et statistisk liv  $VSL$  beregnes generelt som forholdet mellem summen af personers årlige betalingsvillighed  $WTP(\Delta D)$  og den oplyste ændring i det årlige antal døde af en bestemt årsag  $\Delta D$  dvs.

$$VSL = \frac{WTP(\Delta D)}{\Delta D}.$$

Tabel 3.1 Forskellige måder at beregne værdien af et statistisk liv  $VSL$ .

Traditionel simpel beregning	$VSL = \frac{\sum_{j=1}^N WTP_j(\Delta D)}{\Delta D}$
Korrektion for personers og velfærdsøkonomisk diskonteringsrate	$VSL_1^{korr} = \frac{\sum_{j=1}^N (a(L_j^e, i) \cdot \sum_{t=0}^{L_j^e} WTP_j(\Delta D) \cdot (1+i_j)^{-t})}{\Delta D}$
Fælles gennemsnitlig forventet restlevetid	$VSL_2^{korr} = \frac{a(i, L_{gns}^e) \cdot \sum_{j=1}^N (\sum_{t=0}^{L_j^e} WTP_j(\Delta D) \cdot (1+i_j)^{-t})}{\Delta D}$
Fælles gns. restlevetid og repræsentativ personlig diskonteringsrate	$VSL_3^{korr} = \frac{a(i, L_{gns}^e) \cdot \sum_{t=0}^{L_{gns}^e} (\sum_{j=1}^N WTP_j(\Delta D)) \cdot (1+i_{rep})^{-t}}{\Delta D}$
Uendelig tidshorizont	$VSL_4^{korr} = \frac{i \cdot \frac{1}{i_{rep}} \cdot \sum_{j=1}^N WTP_j(\Delta D)}{\Delta D}$
Indførelse af fremtidige personer	$VSL_5^{korr}(t) = \frac{\sum_{j(t)=1}^{N(t)} (a(L_{j(t)}^e, i) \cdot \sum_{\tau=0}^{L_{j(t)}^e} WTP_{j(t)}(\Delta D) \cdot (1+i_{j(t)})^{-\tau})}{\Delta D}$

Som beskrevet i det foregående, kan summen af personernes årlige betalingsvillighed imidlertid beregnes på flere forskellige måde, afhængigt af hvorledes der korrigeres for forskellen mellem personernes tidsprefereencerate og den velfærdsøkonomiske diskonteringsrate, og for forskellene mellem personernes forventede restlevetider og dermed tidshorisonter for de udtrykte årlige betalinger. Værdien af  $VSL$  vil tilsvarende afhænge af, hvorledes summen af personernes årlige betalingsvilligheder beregnes.

I Tabel 3.1 er de forskellige mulige beregningsmetoder for  $VSL$  sammenfattet. Udgangspunktet for beregningerne er de årlige betalingsvilligheder  $WTP_j(\Delta D)$ , som hver af de  $N$  personer  $j$  i en interviewundersøgelse har udtrykt for en ændring i det årlige antal døde af en bestemt årsag  $\Delta D$ .

De fem forskellige måder at beregne værdien af et statistisk liv afspejler en generel problemstilling vedrørende beregningen af den gennemsnitli-

ge årlige betalingsvillighed i forbindelse med interview-baserede værdisætningsanalyser. Problemstillingen og dens mulige løsninger er udførligt beskrevet i Møller (2008). Der er også her opstillet regneeksempler der viser, hvorledes den gennemsnitlige betalingsvillighed afhænger af den anvendte beregningsmetode.

### 3.6 VSL som udtryk for værdien af det forventede fremtidige forbrug for den gennemsnitlige person der dør

Undertiden opfattes *VSL* som indikator på værdien af en gennemsnitlig persons forventede fremtidige livstidsnytte. *VSL* antages således at være udtryk for den samlede værdi af det fremtidige forbrug, som en gennemsnitlig person, der dør af den angivne årsag, har kunnet forvente over resten af sit forventede livsforløb. Sådan som *VSL* er defineret i dette notat - altså som en sum af årlige betalingsvilligheder divideret med en ændring i det årlige antal døde - er denne fortolkning ikke helt korrekt. Multiplicerer man imidlertid *VSL* med personernes gennemsnitlige forventede restlevetid  $L_{gns}^e$ , opnås en værdi svarende til gennemsnitspersonens forventede forbrug over den gennemsnitligt forventede restlevetid. En sådan fortolkning bygger i øvrigt på en række antagelser om sammenhængen mellem de adspurgte personers betalingsvillighed, det forventede fremtidige forbrug og livstidsnyttefunktionen.

Som angivet i *formel (24)* kan summen af en persons årlige betalingsvillighed  $WTP_j(\Delta D)$  over den forventede restlevetid  $L_j^e$  fortolkes som udtryk for ændringen i værdien af det forventede forbrug over denne tids-horisont

$$(48) \quad \Delta C_j = L_j^e \cdot c_j \cdot \Delta s = L_j^e \cdot WTP_j(\Delta D) \approx \Delta LU_j$$

Denne sammenhæng bygger på antagelser om, at ændringen i dødsrisikoen kan beskrives ved en konstant procentpointændring i personens fremtidige årlige overlevelsessandsynligheder  $\Delta s$ , at værdien af personens årlige forbrug er konstant lig med  $c_j$  og at den årlige betalingsvillighed  $WTP_j(\Delta D)$  netop er lig med ændringen i det årlige forventede forbrug  $c_j \cdot \Delta s$ . Sammenhængen kan benyttes til at vise, at værdien af et statistisk liv *VSL* multipliceret med  $L_{gns}^e$  svarer til værdien af det forbrug, den gennemsnitlige døde person ville have opnået gennem resten af sin levetid.

Man har således:

$$VSL = \frac{\sum_{j=1}^N WTP_j(\Delta D)}{\Delta D} = N \cdot \frac{\sum_{j=1}^N \Delta s \cdot c_j}{\Delta D} = N \cdot \frac{\Delta s \cdot \sum_{j=1}^N c_j}{\Delta D} = \frac{N \cdot \Delta s}{\Delta D} \cdot c_{gns} = c_{gns}$$

(49)

$$\Rightarrow VSL \cdot L_{gns}^e = c_{gns} \cdot L_{gns}^e$$

Havde betalingsvillighederne været udtrykt som engangsbetalinger, ville  $VSL$  - beregnet ud fra disse - direkte have været udtryk for det ønskede gennemsnitlige livstidsforbrug for den gennemsnitligt forventede restlevetid. Man har i så fald:

$$VSL^{engang} = \frac{\sum_{j=1}^N WTP_j^{engang}(\Delta D)}{\Delta D} = \frac{\sum_{j=1}^N L_j^e \cdot WTP_j(\Delta D)}{\Delta D} = N \cdot \frac{\sum_{j=1}^N L_j^e \cdot \Delta s \cdot c_j}{\Delta D}$$

(50)

$$= N \cdot \frac{\Delta s \cdot \sum_{j=1}^N L_j^e \cdot c_j}{\Delta D} = \frac{N \cdot \Delta s}{\Delta D} \cdot L_{gns}^e \cdot c_{gns} = L_{gns}^e \cdot c_{gns}$$

Problemet er i så fald, at  $V(\Delta D) = \Delta D \cdot VSL^{engang}$  så ikke er udtryk for en årlig forbrugsændring, som kan gå direkte ind i det øvrige velfærdsøkonomiske regnestykke.  $V(\Delta D) = \Delta D \cdot VSL$  er nemlig nu udtryk for værdien af engangsbetalingerne for at undgå en ændring i det årlige antal døde på  $\Delta D$ . Man skal altså være opmærksom på, om  $VSL$  er beregnet på grundlag af udtrykte årlige betalinger eller engangsbetalinger fra personernes side, inden man anvender den beregnede værdi af et statistisk liv i den velfærdsøkonomiske analyse.

Fortolkningen af  $VSL^{engang}$  eller  $VSL \cdot L_{gns}^e$ , som udtryk for værdien af den gennemsnitlige afdøde persons forventede forbrug over den forventede restlevetid, understreger endnu engang, at  $VSL$  ikke kan anvendes generelt. Gennemsnitsalderen for dem der dør, og dermed deres forventede restlevetid, afhænger af, hvad der er årsag til ændringen i antallet af døde. En ændring i det årlige antal døde som følge af ændret trafiksikkerhed vil i mange tilfælde ramme alle aldersgrupper, mens en ændring i det årlige antal døde som følge luftforurening måske især rammer ældre mennesker. Den gennemsnitlige forventede restlevetid for trafikofrene vil derfor være større end for forureningsofrene, og man kan ikke anvende den samme værdi for et statistisk liv i de to tilfælde.

Dette kan være en del af baggrunden for, at man, i stedet for at beskrive ændringen i dødsrisikoen som en ændring i det årlige antal døde af en bestemt årsag, har beskrevet den som en ændring i den forventede levetid. Med denne tilgang bliver der behov for at fastsætte værdien af et leveår  $VOLY$ .



## 4 Betalingsvilligheden for en nærmere specificeret ændring af den forventede levetid - værdien af et leveår *VOLY*

Når personer spørges om deres betalingsvillighed for en nærmere specificeret ændring i den forventede levetid, er det på forhånd forudsat, at det er relevant at udtrykke ændringen i dødsrisikoen på denne måde. Der er lagt op til en fortolkning af svarene på grundlag af en livstidsnyttebetragtning og en af de i *Kapitel 2* omtalte livstidsnyttefunktioner. Dette er givetvis relevant fra en etisk betragtning; men det er som nævnt ikke sikkert, at personer af sig selv anlægger en sådan betragtning, når de vurderer ændringer i dødsrisikoen. Nu "tvinges" deres tankebaner i denne retning, når ændringer i dødsrisikoen eksplicit sammenkædes med og udtrykkes som ændringer i den forventede levetid.

Det er derfor oplagt at fortolke personernes WTP for ændringer i den forventede levetid som udtryk for ændringer i den forventede livstidsnytte. Det er imidlertid fortsat et spørgsmål, hvilken livstidsnyttefunktion der bør ligge til grund for fortolkningen. Alle de tre funktioner, der er omtalt i *afsnit 2.1 - 2.3* kan være relevante.

Det er også et problem med denne tilgang, at når man spørger alle personer om deres betalingsvillighed for den samme ændring i den forventede levetid, så spørger man reelt personerne om forskellige ændringer i dødsrisikoen. En ændring i den forventede levetid på ét år for en ung person er f.eks. resultatet af en varig ændring i dødsrisikoen, der adskiller sig fra den ændring i dødsrisikoen, som fører til en ændring i den forventede levetid på ét år for en ældre person. Dvs. den adspurgte situation, hvor alle oplever den samme ændring i levetiden er mere atypisk end situationen, hvor alle oplever den samme procent eller procentpointændring i den aldersbetingede dødsrisiko - jf. *Kapitel 5*.

Levetidstilgangen kan forsvares med, at hensigten med at spørge om betalingsvilligheden for en nærmere specificeret ændring i den forventede levetid er, at fastsætte den gennemsnitlige betalingsvillighed for ét leveår *VOLY*. Denne betalingsvillighed skal tjene som indikator på den forventede årlige nytte for personer. Den kan efterfølgende benyttes i konkrete sammenhænge, hvor personer enten oplever forskellige ændringer i den forventede levetid eller nærmere specificerede ændringer i de fremtidige overlevelsessandsynligheder. I begge tilfælde kan ændringen i den forventede levetid eller i overlevelsessandsynlighederne umiddelbart multipliceres med *VOLY* til et udtryk for værdien af ændringen i dødsrisikoen - jf. *afsnit 4.2*.

Det er dog et væsentligt problem ved denne tilgang, at der ikke skelnes mellem, om det samlede antal vundne eller mistede leveår kan henføres til, at nogle få personer oplever store ændringer, eller mange personer oplever små ændringer. Denne skelnen er kun irrelevant, hvis den marginale nytte af leveår er konstant, uanset hvilken forventet levetid mar-

ginalværdien opgøres i forhold til. Det kan - som omtalt i *afsnit 2.2* - udmærket tænkes, at den marginale nytte af et leveår er faldende med den forventede levetid og altså ikke konstant.

#### 4.1 Vundne leveår pr. person, pr. år eller i alt over en given tidshorisont

Hvis ændringen i dødsrisikoen beskrives som ændringer i personers forventede levetid, kan den samlede effekt af dødsrisikoændringen opgøres som et antal vundne eller tabte leveår. Opgørelsen af den velfærdsøkonomiske værdi heraf sker herefter på grundlag af en såkaldt værdi af et leveår *VOLY*. Af hensyn til fastsættelsen af værdien af *VOLY* er det imidlertid vigtigt at præcisere, over hvilken tidshorisont ændringen i antallet af leveår opgøres.

Hvis *VOLY* skal repræsentere en beregningspris på et leveår, der ligesom andre beregningspriser år for år kan multipliceres med en årlig real effekt, må denne opgøres som antallet af vundne eller tabte leveår pr. år.

Ændringen i antallet af leveår pr. år  $\Delta LV_{\text{år}}^t$  kan for et givet år  $t$  beregnes som summen af ændringen i personernes aldersbetingede overlevelses-sandsynligheder i det pågældende år. Det gælder  $\Delta LV_{\text{år}}^t = \sum_{j=1}^N \Delta s_j^t$ . Der

er altså her tale om at summere de årlige bidrag til forlængelsen af den forventede levetid for de enkelte personer. Den resulterende ændring i antallet af leveår i år  $t$  bliver herved en konstrueret størrelse, som ikke vedrører nogen bestemt person. Det forekommer også temmelig abstrakt i det hele taget at tale om vundne eller tabte leveår for et givet år. Ændringen i den forventede levetid vedrører i sagens natur personer, og forstås derfor bedst over et livsforløb.

Hvis man i stedet tager udgangspunkt i, at det er personer, som oplever ændringer i den forventede levetid, vil det være mest korrekt at opgøre antallet af vundne eller tabte leveår over en nærmere bestemt tidshorisont  $T$ . *VOLY* repræsenterer i dette tilfælde nutidsværdien af et leveår vundet eller tabt over denne tidshorisont. Ændringen i antallet af leveår  $\Delta LV^T$  over tidshorisonten  $T$  kan beregnes som

$$\Delta LV^T = \sum_{j=1}^{N(T)} \sum_{t=0}^{L_j^e} \Delta s_j^t, \text{ hvor personerne } j = 1 \text{ til } j = N(T) \text{ er alle de per-}$$

soner, som er i live inden for tidshorisonten  $T$ . Denne tilgang lider under, at valget af tidshorisonten  $T$  er arbitrært, og at værdien af *VOLY* kommer til at afhænge af dette valg.

I det følgende tages der derfor udgangspunkt i, at ændringen i antal leveår opgøres på årsbasis, vel vidende, at der så er tale om en abstrakt konstruktion. Værdien af *VOLY* kan herefter fastsættes som en beregningspris, der skal afspejle den årlige værdi for en gennemsnitlig person af at opleve en ændring i den forventede restlevetid. Hvorvidt denne værdi svarer til værdien af at være i live i et givet år, afhænger af, hvil-

ken livstidsnyttefunktion der antages bedst at beskrive personers livstidsnytte.

Det antages herefter, at hver person oplyser en årlig  $WTP_j(\text{år})$  for et ekstra leveår, og problemstillingen er, hvorledes disse betalingsvilligheder omregnes til en værdi for  $VOLY$ . Der kunne også være spurgt om personernes engangsbetalingsvillighed for et ekstra leveår, hvilket havde krævet, at denne efterfølgende blev omregnet til årlige betalinger. Denne omregning kan i givet fald let gennemføres ved annuisering over personernes forventede restlevetider med deres individuelle forbrugsdiskonteringsrater.

Personernes årlige betalingsvilligheder for et ekstra leveår kan fortolkes ud fra hver af de tre livstidsnyttefunktioner, som er beskrevet i *afsnit 2.1 - 2.3*. Betalingsvilligheden er i så fald udtryk for den afledte af livstidsnyttens med hensyn til levetiden - dvs.  $WTP_j(\text{år}) = \frac{\partial LU_j}{\partial L_j^e}$ . Dette indebæ-

rer, at personernes betalingsvillighed med den traditionelle livstidsnyttefunktion fra *afsnit 2.1*, kan fortolkes som udtryk for værdien af det forventede forbrug i et år, hvis personen er i live. Med livstidsnyttefunktionerne i *afsnit 2.2* og *2.3* er en sådan fortolkning ikke nødvendigvis korrekt. Dette afhænger af den nærmere specifikation af disse funktioner.

I det følgende tages der udgangspunkt i livstidsnyttefunktionen fra *afsnit 2.1*, da det er ved denne funktion, at diskonteringsproblemstillingen især er relevant. Beregningen af  $VOLY$  ud fra de årlige betalingsvilligheder for et ekstra leveår, kan herefter gennemføres på flere forskellige måder:

- Simpelt gennemsnit af personernes årlige betalingsvilligheder for et ekstra leveår.
- Gennemsnit af personernes korrigerede årlige betalingsvilligheder
- Annuisering af korrigeret nutidsværdi af personernes årlige betalingsvilligheder.
- Gennemsnit af nulevende og fremtidige personers betalingsvilligheder.

Disse fire beregningsmetoder er parallelle til de forskellige måder at beregne  $VSL$ , som blev omtalt i *afsnit 3.5*.

#### **4.2 VOLY beregnet som et simpelt gennemsnit af personernes årlige betalingsvilligheder – ingen livstidsnyttefortolkning**

I en meget simpel fortolkning af personernes årlige betalingsvilligheder for et ekstra leveår kan det antages, at den enkelte person udtrykker en betalingsvillighed der svarer til værdien af det forbrug, personen ville have, hvis vedkommende var i live. Dvs.  $WTP_j(\text{år}) = c_j$  og  $VOLY$  kan beregnes som

$$(51) \quad VOLY = \frac{\sum_{j=1}^N WTP_j(\text{år})}{N} = \frac{\sum_{j=1}^N c_j}{N} = c_{gns}$$

Denne fortolkning forudsætter reelt, at personen hverken sammenkæder spørgsmålet om betalingsvilligheden for et ekstra leveår med en ændring i dødsrisikoen eller tager højde for, at den udtrykte betalingsvillighed skal betales hvert år over personens forventede restlevetid. Personen udtrykker blot en betalingsvillighed, der kan benyttes som indikator på nytten af at være i live i et repræsentativt år.

### 4.3 Betalingsvilligheden for et leveår indfortolket i en livstidsnyttesammenhæng

Det er imidlertid langt fra sikkert, at personernes årlige betalingsvillighed kan fortolkes så simpelt som i afsnit 4.2. Når personer bliver spurgt om deres årlige betalingsvillighed for et ekstra leveår, kan det i stedet antages, at de fortolker spørgsmålet som en betalingsvillighed for en ændring af den forventede restlevetid med et år. Hermed forbindes levetidsændringen direkte med en ændring i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder. Hertil kommer, at personernes årlige betalingsvillighed må antages at afspejle deres personlige tidspræferencer. Derfor må betalingsvillighederne korrigeres for at kunne benyttes i forbindelse med velfærdsøkonomiske analyser.

#### 4.3.1 VOLY beregnet som et gennemsnit af personernes korrigerede årlige betalingsvilligheder

Hvis personerne gennem deres årlige betalingsvilligheder antages at udtrykke ændringen i deres livstidsnytte ved en ændring i den forventede levetid med ét år, kan den årlige betalingsvillighed fortolkes som resultatet af følgende regnestykke:

$$(52) \quad WTP_j(\text{år}) = a(L_j^e, i_j) \cdot \sum_{t=0}^{\infty} \Delta s_j^t \cdot c_j^t \cdot (1+i_j)^{-t}$$

Der er tale om en annuisering af ændringen i den forventede nutidsværdi af personens årlige forbrug over personens forventede restlevetid. Det er personens individuelle forbrugsdiskonteringsrate  $i_j$ , som ligger til grund for beregningen af nutidsværdien og annuiseringen.

Det antages hermed, at hver person har baseret den årlige betalingsvillighed på ændringer i de årlige overlevelsessandsynligheder, som netop summerer til én - dvs.  $\sum_{t=0}^{\infty} \Delta s_j^t = 1$  for alle  $j$ . Personernes betalingsvilligheder afspejler derfor meget forskellige antagelser om ændringerne i overlevelsessandsynlighederne. For en yngre person med en relativt lang forventet restlevetid  $L_j^e$ , skal ændringerne kun være små for at summere til én, mens de for en ældre person med relativt kort forventet restlevetid

skal være store for at summere til én. Hvilke antagelser personerne i øvrigt har gjort med hensyn til ændringerne i overlevelsessandsynlighederne er uvist. Betingelsen  $\sum_{t=0}^{\infty} \Delta s_j^t = 1$  kan opfyldes med mange forskellige værdier for  $\Delta s_j^t$  i de enkelte år.

For at kunne benytte de udtrykte årlige betalingsvilligheder til beregning af en værdi for  $VOLY$ , der kan benyttes i en velfærdsøkonomisk analyse, er det nødvendigt at korrigere betalingsvillighederne for forskelle mellem de individuelle forbrugsdiskonteringsrater og den velfærdsøkonomiske diskonteringsrate. For at kunne foretage denne korrektion, er det, ud over viden om de individuelle diskonteringsrater, nødvendigt, at gøre antagelser om, hvilke ændringer i overlevelsessandsynlighederne der har ligget til grund for personernes svar. Det vil her, i lyset af den manglende information, være oplagt at antage, at hver person har forudsat en konstant ændring i overlevelsessandsynligheden  $\Delta s_j$ , og at betingelsen

$\sum_{t=0}^{\infty} \Delta s_j^t = 1$  er fastlagt som  $L_j^e \cdot \Delta s_j = 1$ . I så fald er den årlige betalingsvillighed udtryk for ændringen i det forventede årlige forbrug over den forventede restlevetid  $WTP_j(\text{år}) = \Delta s_j \cdot c_j$ , idet det gælder

$$(53) \quad \begin{aligned} WTP_j(\text{år}) &= a(L_j^e, i_j) \cdot \sum_{t=0}^{\infty} \Delta s_j^t \cdot c_j^t \cdot (1+i_j)^{-t} = a(L_j^e, i_j) \cdot \sum_{t=0}^{L_j^e} \Delta s_j \cdot c_j \cdot (1+i_j)^{-t} \\ &= a(L_j^e, i_j) \cdot \sum_{t=0}^{L_j^e} WTP_j(\text{år}) \cdot (1+i_j)^{-t} \end{aligned}$$

Med denne viden og antagelse kan den enkelte persons korrigerede betalingsvillighed beregnes som

$$(54) \quad WTP_j^{korr}(\text{år}) = a(L_j^e, i) \cdot \sum_{t=0}^{L_j^e} \Delta s_j \cdot c_j \cdot (1+i_j)^{-t} = a(L_j^e, i) \cdot \sum_{t=0}^{L_j^e} WTP_j(\text{år}) \cdot (1+i_j)^{-t}$$

Den korrigerede værdi af et leveår  $VOLY_1^{korr}$  kan herefter beregnes som

$$(55) \quad VOLY_1^{korr} = \frac{\sum_{j=1}^N WTP_j^{korr}(\text{år})}{N} = \frac{\sum_{j=1}^N (a(L_j^e, i) \cdot \sum_{t=0}^{L_j^e} WTP_j(\text{år}) \cdot (1+i_j)^{-t})}{N}$$

Denne formel er helt parallel til *formel (40)* og *(41)* til bestemmelse af den korrigerede værdi af et statistisk liv  $VSL_1^{korr}$ . Der er også helt parallelle problemer knyttet hertil. Disse omfatter:

- Betalingsvillighederne er udtrykt for helt forskellige forventede restlevetider, mens *VOLY* principielt skal kunne anvendes for alle tidshorisonter.
- Der foreligger ikke oplysning om de enkelte personers forbrugsdiskonteringsrate, hvorfor man i stedet kan vælge en fælles repræsentativ rate.
- Betalingsvillighederne er repræsentative for en befolkning med den aktuelle alderssammensætning, hvorved det antages, at personer ændrer betalingsvillighed over tid, og der ikke tages tilstrækkeligt hensyn til fremtidige personers betalingsvillighed.

I det følgende opstilles helt parallelt til formlerne for *VSL* alternative formler for *VOLY* - jf. *Tabel 3.1*.

#### 4.3.2 *VOLY* beregnet ved annuisering af de korrigerede nutidsværdier af personernes årlige betalingsvilligheder over en fælles tidshorizont

Fuldstændig svarende til de tre alternative måder at beregne den korrigerede værdi af et statistisk liv  $VSL_2^{korr}$  til  $VSL_4^{korr}$ , kan der beregnes tre forskellige korrigerede værdier af et leveår  $VOLY_2^{korr}$  til  $VOLY_4^{korr}$ , som alle er resultatet af annuisering af en beregnet nutidsværdi af personernes årlige betalingsvilligheder.

Ved beregningen af  $VOLY_2^{korr}$  beregnes nutidsværdierne af personernes årlige betalingsvilligheder for et ekstra leveår på grundlag af hver enkelt persons forventede restlevetid  $L_j^e$  og ved brug af personernes individuelle forbrugsdiskonteringsrater  $i_j$ . Den efterfølgende annuisering af summen af nutidsværdierne sker ved brug af den velfærdsøkonomiske forbrugsdiskonteringsrate  $i$  og over en periode svarende til den gennemsnitlige forventede restlevetid  $L_{gns}^e$ . Man har

$$(56) \quad VOLY_2^{korr} = \frac{a(i, L_{gns}^e) \cdot \sum_{j=1}^N \left( \sum_{t=0}^{L_j^e} WTP_j(\text{år}) \cdot (1+i_j)^{-t} \right)}{N}$$

Hvis man ikke har kendskab til de individuelle forbrugsdiskonteringsrater  $i_j$ , kan man i stedet vælge at benytte en repræsentativ individuel diskonteringsrate  $i_{rep}$  og gennemsnitlig forventet restlevetid  $L_{gns}^e$  ved beregningen af nutidsværdierne af personernes årlige betalingsvilligheder. Dette sker ved beregningen af  $VOLY_3^{korr}$  som

$$(57) \quad VOLY_3^{korr} = \frac{a(i, L_{gns}^e) \cdot \sum_{t=0}^{L_{gns}^e} \left( \sum_{j=1}^N WTP_j(\text{år}) \right) \cdot (1 + i_{rep})^{-t}}{N}$$

Endelig kan man helt vælge at se bort fra den enkelte persons forventede restlevetid og i stedet vælge at fortolke summen af de årlige betalingsvilligheder som udtryk for, hvad en fiktiv evigt levende person ville betale over en uendelig tidshorisont. Herved fås  $VOLY_4^{korr}$

$$(58) \quad VOLY_4^{korr} = \frac{i \cdot \frac{1}{i_{rep}} \cdot \sum_{j=1}^N WTP_j(\text{år})}{N}$$

### 4.3.3 VOLY beregnet som et gennemsnit af nulevende og fremtidige personers årlige betalingsvilligheder

De adspurgte personers årlige betalingsvilligheder for et ekstra leveår afspejler som omtalt bl.a. deres forventede restlevetider. Betalingsvillighederne kan derfor siges at være repræsentative for en befolkning med den aktuelle alderssammensætning. Hvis alderssammensætningen antages at forblive konstant over tid, kan der derfor argumenteres for, at de udtrykte betalingsvilligheder er repræsentative for den fremtidige befolkning.

Dette argument forudsætter imidlertid, at de nulevende personer vil ændre betalingsvillighed i årene fremover, efterhånden som deres forventede restlevetid ændres. Dette vil givetvis være tilfældet, hvis personerne faktisk blev spurgt om deres betalingsvillighed i disse år. Dette ville være relevant, hvis der var tale om en fremtidig ændring af dødsrisikoen; men det aktuelle spørgsmål om betalingsvilligheden for et ekstra leveår, vedrører netop en aktuel ændring af dødsrisikoen. Personernes årlige betalingsvillighed for det ekstra leveår, som denne ændring indebærer, må derfor antages at være gældende for hele deres forventede restlevetid.

De nulevende personer falder efterhånden bort, og fremtidige personer kommer til. Disses betalingsvillighed for et ekstra leveår kendes ikke; men den kan antages at svare til de yngste nulevendes årlige betalingsvillighed. Med denne antagelse kan der opstilles følgende alternative formel for  $VOLY$ .

$$(59) \quad VOLY_5^{korr}(t) = \frac{\sum_{j(t)=1}^{N(t)} WTP_{j(t)}^{korr}(\text{år})}{N} = \frac{\sum_{j(t)=1}^{N(t)} (a(L_{j(t)}^e, i) \cdot \sum_{\tau=0}^{L_{j(t)}^e} WTP_{j(t)}(\text{år}) \cdot (1 + i_j)^{-\tau})}{N}$$

Sammensætningen mellem nulevende og fremtidige personer ændres over en årrække, hvilket er angivet ved  $j(t)$  og  $N(t)$ ; men det antages ikke helt realistisk, at antallet af personer  $N$  er konstant over tid. Den angivne beregning af  $VOLY$  indebærer, at værdien af et leveår ændres, så længe befolkningens sammensætning af nulevende og fremtidige perso-

ner ændres. På et tidspunkt består befolkningen dog alene af fremtidige personer, og fra dette tidspunkt er *VOLY* konstant.

Indførelsen af fremtidige personers årlige betalingsvillighed i beregningen af *VOLY* må anses for at være den mest korrekte måde, at håndtere problemstillingen vedrørende personernes forskellige forventede restlevetider. Ved denne fremgangsmåde respekteres de enkelte personers årlige betalingsvilligheder som værende udtryk for betalingsvilligheden i netop den periode, den er udtrykt for. Svagheden ved fremgangsmåden er selvfølgelig, at *VOLY* ændres over tid.

#### 4.3.4 Sammenfatning

Værdien af et leveår *VOLY* kan på meget simpel vis beregnes som forholdet mellem summen af personers årlige betalingsvillighed for et leveår  $WTP(\text{år})$  og antallet af adspurgte  $N$  - dvs.  $VOLY = \frac{WTP(\text{år})}{N}$ . Som

beskrevet i det foregående, kan summen af personernes årlige betalingsvillighed imidlertid beregnes på flere forskellige måde, afhængigt af hvorledes der korrigeres for forskellen mellem personernes tidspræferencerate og den velfærdsøkonomiske diskonteringsrate, og for forskellene mellem personernes forventede restlevetider og dermed tidshorisonter for de udtrykte årlige betalinger. Værdien af *VOLY* vil tilsvarende være afhængig af, hvorledes summen af personernes årlige betalingsvilligheder beregnes.

I Tabel 4.1 er de forskellige mulige beregningsmetoder for *VOLY* sammenfattet. Udgangspunktet for beregningerne er i alle tilfælde de årlige betalingsvilligheder  $WTP_j(\text{år})$ , som hver af de  $N$  personer  $j$  i en interviewundersøgelse har udtrykt for en ændring i den forventede levetid på ét år. Den beregnede værdi af *VOLY* skal anvendes i en velfærdsøkonomisk analyse, hvor ændringen i dødsrisikoen er opgjort som en årlig ændring i antallet af leveår  $\Delta LV_{\text{år}}^t$ . Denne abstrakte størrelse opgøres for år  $t$  som summen af ændringerne i personernes aldersbetingede overlevelsessandsynligheder  $\Delta s_j^t$  - dvs.  $\Delta LV_{\text{år}}^t = \sum_{j=1}^N \Delta s_j^t$ . Værdien af ændringen i dødsrisikoen  $V(\Delta LV_{\text{år}}^t)$  beregnes endelig for år  $t$  som

$V(\Delta LV_{\text{år}}^t) = \Delta LV_{\text{år}}^t \cdot VOLY$ . Hvis denne årlige værdi, ligesom alle andre forbrugsændringer, skal indgå i beregningen af projektets nutidsværdi ved diskontering med den velfærdsøkonomiske forbrugsdiskonteringsrate, er det vigtigt, at der benyttes en af de *VOLY*-værdier, hvor der er korrigeret for forskellen mellem personers forbrugsdiskonteringsrate og den velfærdsøkonomiske diskonteringsrate.

Opgørelsen af den årlige ændring i antallet af leveår  $\Delta LV_{\text{år}}^t$  bygger på viden om procentpointændringen i de involverede personers aldersbetingede overlevelsessandsynligheder  $\Delta s_j^t$ . Hvis en sådan viden forelig-



ger, er det nærliggende direkte at spørge om personernes betalingsvillighed for en nærmere specificeret ændring i overlevelsessandsynlighederne frem for at spørge om personernes betalingsvillighed for et ekstra leveår. Fordelen ved denne fremgangsmåde er, at betalingsvilligheden herved direkte kan knyttes til den variabel, som benyttes til at beskrive ændringen i dødsrisikoen. Hertil kommer, at beskrivelsen af ændringen i dødsrisikoen som en ændring i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder, både er mere korrekt og præcis end en ændring i antallet døde af en bestemt årsag og i den forventede levetid.

Tabel 4.1 Forskellige måder at beregne værdien af et leveår VOLY.

Simple beregning	$VOLY = \frac{\sum_{j=1}^N WTP_j(\hat{a}r)}{N}$
Korrektion for personers og velfærdsøkonomisk diskonteringsrate	$VOLY_1^{korr} = \frac{\sum_{j=1}^N WTP_j^{korr}(\hat{a}r)}{N} = \frac{\sum_{j=1}^N (a(L_j^e, i) \cdot \sum_{t=0}^{L_j^e} WTP_j(\hat{a}r) \cdot (1+i_j)^{-t})}{N}$
Fælles gennemsnitlig forventet restlevetid	$VOLY_2^{korr} = \frac{a(i, L_{gns}^e) \cdot \sum_{j=1}^N (\sum_{t=0}^{L_j^e} WTP_j(\hat{a}r) \cdot (1+i_j)^{-t})}{N}$
Fælles gns. restlevetid og repræsentativ personlig diskonteringsrate	$VOLY_3^{korr} = \frac{a(i, L_{gns}^e) \cdot \sum_{t=0}^{L_{gns}^e} (\sum_{j=1}^N WTP_j(\hat{a}r)) \cdot (1+i_{rep})^{-t}}{N}$
Uendelig tidshorisont	$VOLY_4^{korr} = \frac{i \cdot \frac{1}{i_{rep}} \cdot \sum_{j=1}^N WTP_j(\hat{a}r)}{N}$
Indførelse af fremtidige personer	$VOLY_5^{korr}(t) = \frac{\sum_{j(t)=1}^{N(t)} WTP_{j(t)}^{korr}(\hat{a}r)}{N}$ $= \frac{\sum_{j(t)=1}^{N(t)} (a(L_{j(t)}^e, i) \cdot \sum_{\tau=0}^{L_{j(t)}^e} WTP_{j(t)}(\hat{a}r) \cdot (1+i_{j(t)})^{-\tau})}{N}$

## 5 Betalingsvilligheden for en procentpointændring i overlevelsessandsynligheden i hvert af de kommende år eller for en præcis angivelse af ændringerne i overlevelseskurven

### 5.1 Årlig *WTP* for en ændring i den årlige overlevelsessandsynlighed på en procentpoint

En varig ændring i risikoen for at dø kan i visse tilfælde - f.eks. som følge af ændret trafiksikkerhed - udtrykkes ret præcist som en bestemt procentpointændring i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder  $\Delta s$  eller sandsynligheder for at dø. Når en person udtrykker en villighed til at betale for en sådan ændring, afhænger fortolkningen af svaret og af, hvilke overvejelser personen antages at have lagt til grund herfor. Livstidsnytteovervejelser forudsætter, at personen er i stand til at omsætte ændringerne i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder til et input, der er relevant for en af de livstidsnyttefunktioner, som er beskrevet i afsnit 2.1 - 2.3. Hvis den forventede levetid indgår i livstidsnyttefunktionen, skal personen altså være i stand til at omsætte ændringen i overlevelsessandsynligheden til en ændring i den forventede levetid. Personen skal også have gjort sig tanker om det forventede nytteniveau i de enkelte fremtidige år, hvis personen er i live. Selvom disse forudsætninger antages at være opfyldt, udestår fortsat spørgsmålet, om hvilken livstidsnyttefunktion personen i øvrigt gør brug af.

Det er et problem - med denne beskrivelse af ændringen i dødsrisikoen - at personernes betalingsvillighed herfor ikke umiddelbart kan anvendes generelt i velfærdsøkonomiske analyser. En given procentpointændring i de fremtidige årlige overlevelsessandsynligheder betyder således en større absolut ændring i den forventede levetid for en yngre person end for en ældre person. Hertil kommer, at betalingsvilligheden for sådanne ændringer i overlevelsessandsynlighederne ikke nødvendigvis er ligefrem proportional med størrelsen af procentpointændringen.

Det førstnævnte problem kan håndteres ved ud fra personernes *WTP*, at udlede den gennemsnitlige værdi af et leveår *VOLY*. Den beregnede *VOLY* kan efterfølgende bruges ved alle konstante procentpointændringer  $\Delta s$  i de berørte personers fremtidige årlige overlevelsessandsynligheder. Dette forudsætter selvfølgelig, at ændringen i dødsrisikoen i det aktuelle tilfælde kan beskrives på denne måde. Er dette tilfældet, kan den aktuelle  $\Delta s$  år for år multipliceres med den udledte *VOLY* og herefter summeres til en samlet værdi for den betragtede ændring i det enkelte år. Alternativt kan man udlede en gennemsnitlig værdi pr. procentpointændring i overlevelsessandsynligheden og anvende denne værdi i forbindelse med forskellige ændringer i dødsrisikoen, der kan beskrives

ved en konstant procentpointændring i den årlige overlevelsessandsynlighed.

Dette forudsætter imidlertid proportionalitet mellem forskellige størrelser af  $\Delta s$  og betalingsvilligheden herfor. Hvis der ikke er en sådan proportionalitet, kan den beskrevne fremgangsmåde, hvor der enten udledes en værdi på et leveår *VOLY* eller en værdi pr. procentpointændring i overlevelsessandsynligheden, ikke umiddelbart anvendes. Der må udformes en særlig livstidsnyttelfunktion, der afspejler faldende marginal betalingsvillighed for ændringer i overlevelsessandsynligheden.

Hvis man ser bort fra proportionalitetsproblemet og antager, at personerne har udtrykt en årlig betalingsvillighed  $WTP_j(\Delta s)$  for en ændring i overlevelsessandsynligheden  $\Delta s$  på én procentpoint, kan gennemsnittet af disse betalingsvilligheder  $WTP(\Delta s)$  benyttes som beregningspris i velfærdsøkonomiske analyser, hvor ændringen i dødsrisikoen beskrives som ændringer i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder. Også i denne forbindelse kan gennemsnittet af betalingsvillighederne imidlertid beregnes på forskellig måde, afhængigt af hvorledes der korrigeres for forskelle mellem personernes forbrugsdiskonteringsrater og den velfærdsøkonomiske diskonteringsrate samt mellem personernes forskellige tidshorisonter for de udtrykte årlige betalingsvilligheder.

Når personerne spørges om deres betalingsvillighed for den samme procentpointændring i de årlige aldersbetingede overlevelsessandsynligheder, udtrykker de betalingsvillighed for forskellige ændringer i den forventede restlevetid. Dette skyldes, at de adspurgte personer har forskellig alder og dermed forventet restlevetid. En given ændring i de årlige overlevelsessandsynligheder for en ældre person indebærer en mindre ændring i den forventede restlevetid end en tilsvarende ændring i overlevelsessandsynlighederne for en yngre person. Forholdet er helt parallelt til, at når personer bliver spurgt om deres årlige betalingsvillighed for den samme ændring i den forventede levetid, så udtrykker de betalingsvillighed for forskellige procentpointændringer i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder - jf. afsnit 4.3.2.

De forskellige måder at beregne den gennemsnitlige årlige betalingsvillighed  $WTP(\Delta s)$  er sammenfattet i Tabel 5.1. Begrundelserne for de forskellige beregningsmåder er de samme som for hhv. *VSL* og *VOLY* - jf. afsnit 3.5 og 4.3.

Den enkelte persons årlige  $WTP_j(\Delta s)$  kan umiddelbart fortolkes som ændringen i det forventede årlige forbrug - dvs. forbruget, hvis personen er i live multipliceret med ændringen i sandsynligheden for at være i live. Man kan således antage, at nutidsværdien af de udtrykte betalingsvilligheder er lig med nutidsværdien af ændringerne i de forventede årlige forbrug. Det gælder derfor

$$(60) \quad \sum_{t=0}^{L_j^e} WTP_j(\Delta s) \cdot (1+i_j)^{-t} = \sum_{t=0}^{L_j^e} \Delta s \cdot c_j \cdot (1+i_j)^{-t} \Rightarrow WTP_j(\Delta s) = \Delta s \cdot c_j$$

Den gennemsnitlige årlige betalingsvillighed kan altså tilsvarende fortolkes som ændringen i det forventede gennemsnitlige årlige forbrug, ved at overlevelsessandsynlighederne er ændret.

I forbindelse med velfærdsøkonomiske analyser, hvor ændringen i dødsrisikoen er beskrevet som den samme årlige procentpointændring i den aldersbetingede overlevelsessandsynlighed  $\Delta s$ , kan den årlige velfærdsøkonomiske værdi heraf  $V(\Delta s)$  beregnes som produktet af den årlige gennemsnitlige betalingsvillighed  $WTP(\Delta s)$ , ændringen i overlevelsessandsynligheden  $\Delta s$  og antallet af berørte personer  $N$  - dvs.  $V(\Delta s) = WTP(\Delta s) \cdot \Delta s \cdot N$ . Hvis den årlige værdi  $V(\Delta s)$  af den beskrevne ændring i dødsrisikoen efterfølgende ønskes diskonteret med den velfærdsøkonomiske forbrugsdiskonteringsrate, er det selvsagt vigtigt, at  $V(\Delta s)$  beregnes ved brug af en af de korrigerede årlige betalingsvilligheder.

Tabel 5.1 Forskellige måder at beregne den gennemsnitlige betalingsvillighed  $WTP(\Delta s)$  for en ændring i den aldersbetingede overlevelsessandsynlighed på én procentpoint.

Simple beregning	$WTP(\Delta s) = \frac{\sum_{j=1}^N WTP_j(\Delta s)}{N}$
Korrektion for personers og velfærdsøkonomisk diskonteringsrate	$WTP_1^{korr}(\Delta s) = \frac{\sum_{j=1}^N WTP_j^{korr}(\Delta s)}{N} = \frac{\sum_{j=1}^N (a(L_j^e, i) \cdot \sum_{t=1}^{L_j^e} WTP_j(\Delta s) \cdot (1+i_j)^{-t})}{N}$
Fælles gennemsnitlig forventet restlevetid	$WTP_2^{korr}(\Delta s) = \frac{a(i, L_{gns}^e) \cdot \sum_{j=1}^N (\sum_{t=1}^{L_j^e} WTP_j(\Delta s) \cdot (1+i_j)^{-t})}{N}$
Fælles gns. restlevetid og repræsentativ personlig diskonteringsrate	$WTP_3^{korr}(\Delta s) = \frac{a(i, L_{gns}^e) \cdot \sum_{t=1}^{L_{gns}^e} (\sum_{j=1}^N WTP_j(\Delta s)) \cdot (1+i_{rep})^{-t}}{N}$
Uendelig tidshorizont	$WTP_4^{korr}(\Delta s) = \frac{i \cdot \frac{1}{i_{rep}} \cdot \sum_{j=1}^N WTP_j(\Delta s)}{N}$
Indførelse af fremtidige personer	$WTP_5^{korr}(\Delta s, t) = \frac{\sum_{j(t)=1}^{N(t)} WTP_{j(t)}^{korr}(\Delta s)}{N}$ $= \frac{\sum_{j(t)=1}^{N(t)} (a(L_{j(t)}^e, i) \cdot \sum_{\tau=1}^{L_{j(t)}^e} WTP_{j(t)}(\Delta s) \cdot (1+i_{j(t)})^{-\tau})}{N}$

Hvis alle rammes af samme ændring i overlevelsessandsynligheden, kan beregningen af den velfærdsøkonomiske værdi heraf gennemføres på den angivne simple måde, hvor der ikke kræves kendskab til personspe-

cifikke forhold. Fremgangsmåden kan imidlertid også benyttes, hvis der foreligger oplysninger om sådanne forhold. Der kan f.eks. være tale om, at ændringen i overlevelsessandsynligheden særligt rammer personer, efter at de har nået en vis alder, eller en særlig del af befolkningen (risikogruppe). I sådanne tilfælde kan  $V(\Delta s, t)$  for hvert år  $t$  beregnes som

$$(61) \quad V(\Delta s, t) = \sum_{j(t)=1}^{N(t)} WTP(\Delta s) \cdot \Delta s_{j(t)}^t$$

Herved synes  $\Delta s$ -tilgangen til værdisætning af ændringer i dødsrisikoen at være mere fleksibel end *VOLY*-tilgangen. Ved denne tilgang er det ganske vist også muligt, når man kender  $\Delta s_{j(t)}^t$ , at beregne ændringen i den forventede restlevetid for hver person; men denne ændring kan ikke umiddelbart multipliceres med *VOLY*, fordi ændringen i restlevetiden for en person opnås over mange år. Der skal i stedet anvendes specifikke nutidsværdier for ændringer i restlevetiderne opnået over forskellige tidshorisonter. Dette er en omstændelig fremgangsmåde.

Den gennemsnitlige betalingsvillighed for en ændring i den aldersbetingede overlevelsessandsynlighed på én procentpoint kan også anvendes, hvis ændringen i dødsrisikoen er udtrykt som en ændring i det årlige antal døde eller det årlige antal leveår. Dette sker ved at omregne disse oplysninger til en ændring i overlevelsessandsynligheden.

Omsætningen af en ændring i antal døde  $\Delta D$  pr. år af en bestemt årsag til en procentpointændring i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder  $\Delta s$  eller sandsynligheder for at dø sker på følgende måde, idet  $\Delta D$  dog bør justeres for en eventuel ændring i antallet af personer, der dør af en anden årsag.

$$(62) \quad \Delta D = \sum_{j=1}^N \Delta s = N \cdot \Delta s \Rightarrow \Delta s = \frac{\Delta D}{N}$$

Der er selvfølgelig tale om en meget grov omregning, hvor det antages at alle personer oplever samme ændring i overlevelsessandsynlighederne. Når udgangspunktet imidlertid kun omfatter en oplysning om ændringen i antal døde, forekommer der ikke at være grundlag for andre antagelser.

Hvis der foreligger oplysning om ændringen i antal leveår pr. år  $\Delta LV_{\text{år}}^t$  eller ændringen i antal leveår  $\Delta LV^T$  over en bestemt tidshorizont  $T$ , kan disse oplysninger også omregnes til en hertil svarende konstant procentpointændring i overlevelsessandsynlighederne, der gælder for alle personer. Man har således:

$$(63) \quad \Delta LV_{\text{år}}^t = \sum_{j=1}^N \Delta s = N \cdot \Delta s \Rightarrow \Delta s = \frac{\Delta LV_{\text{år}}^t}{N}$$

og

$$(64) \quad \Delta LV^T = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^N \Delta s = T \cdot N \cdot \Delta s \Rightarrow \Delta s = \frac{\Delta LV^T}{T \cdot N}$$

Disse omregninger er imidlertid også meget grove; men igen synes det at være den eneste mulighed for at udtrykke ændringen i dødsrisikoen ved en ændring i overlevelsessandsynligheden, når der kun foreligger oplysninger om ændringen i det samlede antal leveår.

## 5.2 Årlig WTP for en nøje specificeret ændring i den årlige overlevelsessandsynlighed for den enkelte person

Den mest korrekte og præcise beskrivelse af ændringen i dødsrisikoen vil være for hver person at beskrive, hvorledes vedkommendes overlevelseskurve påvirkes - dvs. for hver person at angive  $\Delta s_j^t$  for hvert af de fremtidige år. Uanset hvilke aldersgrupper dødsrisikoen ændringen rammer, og hvornår, hvordan og hvor meget de rammes, kan dødsrisikoen altid udtrykkes meget præcist på denne måde. Det forekommer derfor nærliggende også at præsentere personerne for ændringen på denne måde og spørge om deres betalingsvillighed herfor.

Med denne beskrivelse har personerne mulighed for også at inddrage deres eventuelle præferencer med hensyn til tidsprofilen for ændringen i overlevelsessandsynligheden i deres årlige betalingsvillighed herfor. Det er f.eks. muligt, at personer har forskellig betalingsvillighed for en ændring i overlevelseskurven, hvor ændringen i overlevelsessandsynligheden er nogenlunde den samme i hvert år, og en ændring i kurven, hvor ændringerne i overlevelsessandsynligheder sker relativt sent i livet - og dette også selvom den hertil svarende ændring i den forventede levetid er den samme for de to ændringsprofiler. Hvis personerne har sådanne præferencer, er det selvsagt ikke tilstrækkeligt, at personerne har udtrykt WTP for en ensartet ændring i den årlige overlevelsessandsynlighed på én procentpoint - jf. afsnit 5.1. Det er nødvendigt, at personer udtrykker betalingsvilligheder for ændringer i overlevelsessandsynlighedsforløb. Ved at præsentere ændringen i dødsrisikoen på denne måde, bliver det også klart for de adspurgte personer, hvorledes der mistes forventede leveår. Det bliver samtidig klart for alle, at de i mange tilfælde vil miste et forskelligt antal leveår og dermed en forskellig forventet livstidsnytte. Dette kommer formentlig til udtryk i betalingsvillighederne.

Problemet med at bede personer om deres betalingsvillighed for individuelt specificerede ændringer i overlevelseskurven er, at resultaterne ikke umiddelbart kan anvendes generelt. Dette ville kræve en nærmere statistisk analyse af betalingsvillighedernes afhængighed af bl.a. tidsprofilen for ændringerne i overlevelsessandsynlighederne. Betalingsvillighederne kunne f.eks. fortolkes ud fra den ikke nærmere specificerede livstidsnyttefunktion i *formel (16)*. Målet med en sådan statistisk analyse er at estimere en egentlig betalingsvillighedsfunktion, hvori også  $\Delta s_j^t$

indgår. Denne funktion vil principielt kunne benyttes til at fastsætte personers årlige betalingsvillighed for alle former for ændringer i  $\Delta s_j^t$ .

Man kan også vælge at fortolke hver persons årlige betalingsvillighed som udtryk for den annuiterede værdi af ændringerne i personens forventede forbrug i de enkelte år. På denne måde kan man udlede værdien af det repræsentative årlige forbrug  $c_j$  for hver person. Man har

$$(65) \quad \sum_{t=0}^{L_j^e} WTP_j(\Delta s_j^t) \cdot (1+i_j)^{-t} = \sum_{t=0}^{L_j^e} \Delta s_j^t \cdot c_j \cdot (1+i_j)^{-t}$$

$$\Rightarrow c_j = WTP_j(\Delta s_j^t) \cdot \frac{\sum_{t=0}^{L_j^e} (1+i_j)^{-t}}{\sum_{t=0}^{L_j^e} \Delta s_j^t \cdot (1+i_j)^{-t}}$$

Udledningen kræver både kendskab til  $i_j$  og  $L_j^e$ , hvilket - som omtalt i *afsnit 5.1* - ikke er nødvendigt, når dødsrisikoændringen kan beskrives som en konstant ændring i overlevelsessandsynligheden  $\Delta s$  - jf. *formel (60)*. Foreligger der oplysninger om  $i_j$  og  $L_j^e$ , kan hver persons repræsentative årlige forbrug  $c_j$  imidlertid udledes, og det gennemsnitlige årlige forbrug  $c_{gns}$  fås som  $c_{gns} = \frac{\sum_{j=1}^N c_j}{N}$ . Denne størrelse kan også fortolkes som værdien af et leveår *VOLY* og anvendes ved vurderingen af den årlige velfærdsøkonomiske værdi af enhver form for ændring i personernes aldersbetingede overlevelsessandsynligheder  $V(\Delta s_j^t, t)$

lige forbrug  $c_{gns}$  fås som  $c_{gns} = \frac{\sum_{j=1}^N c_j}{N}$ . Denne størrelse kan også fortolkes som værdien af et leveår *VOLY* og anvendes ved vurderingen af den årlige velfærdsøkonomiske værdi af enhver form for ændring i personernes aldersbetingede overlevelsessandsynligheder  $V(\Delta s_j^t, t)$

$$(66) \quad V(\Delta s_j^t, t) = \sum_{j(t)=1}^{N(t)} c_{gns} \cdot \Delta s_{j(t)}^t,$$

hvor  $j(t)$  omfatter såvel nulevende som fremtidige personer. Nutidsværdien heraf  $NV(\Delta s_j^t)$  beregnes som

$$(67) \quad NV(\Delta s_j^t) = \sum_{t=0}^T V(\Delta s_j^t, t) \cdot (1+i)^{-t} = \sum_{t=0}^T \left( \sum_{j(t)=1}^{N(t)} c_{gns} \cdot \Delta s_{j(t)}^t \right) \cdot (1+i)^{-t}$$

Ved denne fremgangsmåde, som svarer til den *VOLY*-baserede fremgangsmåde i *afsnit 4.3*, udnytter man imidlertid ikke, at de årlige betalingsvilligheder er udtryk for en særlig tidsprofil for ændringerne i overlevelsessandsynlighederne. Den udledte  $c_{gns}$  må således forventes at

afspejle netop den profil, for hvilken den er udledt, og derfor bør den strengt taget ikke anvendes ved vurderingen af andre ændringsprofiler.



## 6 Den objektive tilgang til værdisætningen af en ændring i dødsrisikoen

Værdisætningen af ændringen i dødsrisikoen er i *Kapitel 3 - 5* baseret på en subjektiv tilgang hertil - dvs. værdisætningen er baseret på personers udtrykte betalingsvillighed for nærmere beskrevne konsekvenser af dødsrisikoændringen. Den subjektive tilgang giver anledning til en række tvivlsspørgsmål, fortolkningsproblemer og problemer med at beregne en gennemsnitlig årlig *WTP*, der kan anvendes i velfærdsøkonomiske analyser:

- Lægger personerne overhovedet livstidsnyttebetragtninger til grund for fastsættelsen af deres *WTP* - dette er en forudsætning for, at *WTP* kan benyttes som indikatorer på en ændring i den forventede livstidsnytte i en nytteetisk baseret velfærdsøkonomisk analyse?
- Hvilken livstidsnyttefunktion bør ligge til grund for fortolkningen af personernes *WTP* - dvs. hvilken livstidsnyttefunktion udtrykker bedst personernes bestemmelse af deres livstidsnytte?
- Hvorledes bør en gennemsnitlig årlig betalingsvillighed beregnes, når personernes årlige *WTP* er udtrykt for forskellige tidshorisonter og med forskellige tidspræferencer?
- Hvorledes bør fremtidige personers *WTP* fastsættes?

Disse problemstillinger er blevet diskuteret i *Kapitel 3 - 5*, og der er peget på mulige løsninger. Den subjektive tilgang giver imidlertid også anledning til et mere fundamentalt problem. Selvom personerne antages at lægge livstidsnyttebetragtninger til grund for deres betalingsvilligheder, er det diskutabelt, om disse individuelle livstidsnyttebetragtninger bør lægges til grund for velfærdsøkonomiske analyser.

Normalt anses det for temmelig uproblematisk at anvende relative køberpriser som indikatorer for personers relative marginale nytter af forbrugsgoder. Dette forudsætter alene, at personerne stræber efter at maksimere deres nytte, hvilket forekommer at være en rimelig antagelse, når der er tale om goder, som personerne køber år for år. Tilsvarende kan udtrykte årlige betalingsvilligheder for ikke-markedsomsatte goder, der forbruges år efter år, formentlig benyttes som indikatorer på personernes årlige marginale nytte af at forbruge goderne.

En ændring i dødsrisikoen og konsekvenserne heraf er imidlertid ikke i samme grad som de fleste andre goder et forbrugsgode, der forbruges år for år. Dødsrisikoændringen påvirker derimod sandsynligheden for at få mulighed for at forbruge forbrugsgoderne i de enkelte fremtidige år. Fra et nytteetisk synspunkt er det herefter ændringen i værdien af det forventede forbrug i det enkelte fremtidige år, som bør indgå i den velfærdsøkonomiske analyse.

Som fremstillingen i *Kapitel 3 - 5* har vist, er det imidlertid ikke sikkert, at personernes årlige *WTP* er udtryk for ændringen i værdien af deres for-

ventede fremtidige årlige forbrug. Dette er udelukkende en fortolkning, som med temmelig tvivlsom ret lægges ned over de udtrykte betalingsvilligheder.

Disse problemer kunne tale for, i stedet for en subjektiv tilgang til værdisætningen, at anlægge en objektiv tilgang. I så fald kan ændringen i værdien af det forventede forbrug i hvert fremtidigt år  $t$  for hver person  $j$  bestemmes som  $\Delta s_j^t \cdot c_j^t$ . Den samlede forventede forbrugsændring

$\Delta C^t$  i hvert år beregnes herefter som  $\Delta C^t = \sum_{j=1}^{N(t)} \Delta s_j^t \cdot c_j^t$ , hvor  $j = 1; N(t)$  er lig med de personer, der er live i år  $t$ .

Nutidsværdien af ændringen i det samlede forventede forbrug  $\Delta C^t$  i hvert fremtidigt år kan beregnes ved diskontering med en velfærdsøkonomisk forbrugsdiskonteringsrate, som afspejler den forventede vækst i realforbruget og dermed reduktion af den marginale nytte af forbrug. Hvis man har specifikke forventninger til forbrugsvæksten for hver af de berørte personer, er man dog nødt til at anvende en velfærdsøkonomisk forbrugsdiskonteringsrate for hver person ved beregningen af nutidsværdien af de forventede forbrugsændringer

Den objektive tilgang forudsætter kendskab til hhv.  $\Delta s_j^t$  og  $c_j^t$ . Jo mere præcist ændringerne i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder  $\Delta s_j^t$  kan beskrives, jo bedre vil beskrivelsen af ændringen i de enkelte personers forventede forbrug i hvert af årene selvsagt være. Oplysninger om ændringer i antal forventede leveår eller antal dødsfald af en bestemt årsag kan ikke umiddelbart benyttes i forbindelse med en objektiv tilgang til værdisætningen. Man må forsøge at omregne disse oplysninger til ændringer i overlevelsessandsynlighederne.

Det største problem ved den objektive tilgang er imidlertid bestemmelsen af værdien af den enkelte persons årlige forbrug i vid forstand  $c_j^t$ . Forbruget i vid forstand omfatter således både forbruget af markedsomsatte goder og ikke-markedsomsatte goder. Forbruget af markedsomsatte goder opgøres årligt i nationalregnskabet som *privat forbrug* og en del af det ikke-markedsomsatte forbrug opgøres i samme regnskab som *offentligt forbrug*. Begge disse typer af forbrug er nytteskabende for personer. Visse dele af især det offentlige forbrug kan ganske vist siges at modvirke påførte nyttetab - f.eks. forbrug af sundhedsydelser og miljøforanstaltninger - og repræsenterer derfor såkaldt *defensivt forbrug*. Det kan diskuteres, om dette bør medregnes i det nytteskabende forbrug. Denne diskussion skal ikke forfølges videre her, idet der henvises til diskussionen i Møller (1996, Kapitel 7) om grønt nationalregnskab.

Det kan også diskuteres, om den i nationalregnskabet opgjorte værdi af det offentlige forbrug reelt afspejler personernes marginale betalingsvillighed herfor. Dette kan med nogen ret antages for værdien af det private forbrug, idet denne opgøres i de gældende forbrugerpriser. Værdien

af det offentlige forbrug beregnes derimod som udgangspunkt ud fra den marginale værdi af det ressourceforbrug, som benyttes til at frembringe de offentlige tjenesteydelser. For at værdien af ressourceforbruget skal afspejle forbrugernes marginale betalingsvilligheder for ydelserne, er det nødvendigt at antage, at udbuddet af de offentlige tjenesteydelser er optimalt.

Det væsentligste problem ved værdisætningen af værdien af forbruget i vid forstand er imidlertid, at dette også omfatter andre forbrugsgoder end dem, der er omfattet af det private og offentlige forbrug. Her kan særligt fremhæves forbruget af forskellige miljøgoder - f.eks. rekreative goder. Værdien af dette forbrug er ikke omfattet af det traditionelle nationalregnskab, og der er derfor behov for en særlig værdisætning af denne del af forbruget. Hertil skal benyttes nogle af de samme direkte eller indirekte værdisætningsmetoder, som tænkes anvendt til fastsættelsen af personers betalingsvillighed for ændringer i dødsrisikoen. Der synes derfor ikke umiddelbart at være nogen fordel ved at benytte den objektive tilgang til værdisætningen. Man undgår ikke herved en række af de fortolkningsproblemer, som blev omtalt i forbindelse med personers direkte udtrykte betalingsvillighed for ændringer i dødsrisikoen.

Når den objektive tilgang alligevel ikke bør afvises som en mulig værdisætningstilgang, skyldes det imidlertid følgende forhold:

Den objektive livstidsnyttelfunktion forekommer bedst at afspejle nytteetikens konsekvensetiske grundlag. Det er konsekvenserne for personerne, som er bestemmende for ændringerne i personernes livstidsnytte, og de fleste nytterellevante konsekvenser synes at være dækket af forbruget i vid forstand.

Ændringen i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder indgår ikke i selve værdisætningen, som er rettet mod personernes forbrug i vid forstand, hvis de er i live. Overlevelsessandsynlighedsændringerne fastholdes som de principielt objektive parametre, de er. Ved nogle af de subjektive tilgange, afspejler de afslørede betalingsvilligheder personernes subjektive vurdering af, hvad en ændring i den forventede levetid, eller i antallet af dødsfald, indebærer for personernes overlevelsessandsynligheder.

Den objektive tilgang baserer værdisætningen på ændringer i personers forventede årlige forbrug, hvad enten der er tale om nulevende eller fremtidige personer. Ved den subjektive tilgang baseres værdisætningen på nulevende personers *WTP*, som også antages at dække fremtidige personers *WTP*. Nulevende personers gennemsnitlige årlige *WTP* er imidlertid ikke en god indikator på fremtidige personers betalingsvillighed, fordi den er udtrykt for meget forskellige forventede restlevetider.

Endelig er ændringen i dødsrisikoen som nævnt ikke nødvendigvis et gode, der ligesom de fleste andre markedsomsatte og ikke-markedsomsatte goder forbruges i en nogenlunde fast mængde år for år. Derfor er det forbundet med problemer at formulere dækkende betalingsvillighedsundersøgelser herfor. Ved den objektive tilgang undgås det som nævnt ikke at afdække personers *WTP* for en række ikke-

markedsomsatte forbrugsgoder. Disse vil imidlertid i mange tilfælde netop være goder, som forbruges i en fast mængde år for år - f.eks. rekreative tjenester - hvorfor det er mindre problematisk at formulere betalingsvillighedsundersøgelser for disse goder.

Selvom den subjektive tilgang til værdisætningen af ændringer i dødsrisikoen er den, der generelt anvendes, bør man måske i højere grad være opmærksom på de mange metodiske og teoretiske problemer, der forbundet med fortolkningen og anvendelsen af personers udtrykte betalingsvillighed. Samtidig er der gode argumenter for at anvende den objektive tilgang. Dette taler for også at afprøve denne i praksis.

## 7 Afslutning

I rapporten fremhæves det indledningsvist, at hensigten med velfærdsokonomisk analyse er at opgøre konsekvenserne for personers livstidsnytte af ændringer i allokeringen af samfundets knappe ressourcer. Derfor skal værdisætningen af ændringer i dødsrisikoen for personer også rettes mod, at opgøre konsekvenserne heraf for de berørte personers livstidsnytter. Værdien af dødsrisikoændringen skal fungere som indikator på størrelsen af de hermed forbundne ændringer i personernes livstidsnytter.

På denne baggrund giver værdisætningen af ændringer i dødsrisikoen anledning til følgende problemstillinger som behandles i notatet.

- Hvorledes bør ændringen i dødsrisikoen beskrives?
- Hvorledes bør ændringen i personers livstidsnytte ved en ændring i dødsrisikoen opgøres, og hvilken livstidsnyttefunktion bør ligge til grund for opgørelsen?
- Hvorledes bør personers præferencer inddrages i analysen, og hvorledes bør personers betalingsvillighed for ændringer i dødsrisikoen fortolkes?
- Hvorledes bør en gennemsnitlig årlig betalingsvillighed beregnes, når de adspurgte personer har forskellige forventede restlevetider og tidspræferencer, og hvorledes bør fremtidige personers betalingsvillighed fastsættes?

I det følgende sammenfattes rapportens hovedpointer vedrørende disse problemstillinger.

### 7.1 Hvorledes bør ændringen i dødsrisikoen beskrives?

Ændringer i dødsrisikoen beskrives mest præcist som ændringer i de person- og tidsspecifikke overlevelsessandsynligheder  $\Delta s_j^t$ . Det er også en sådan beskrivelse, som danner grundlag for opgørelsen af ændringen i livstidsnytten i overensstemmelse med den mest anvendte livstidsnyttefunktion  $\Delta LU_j = \sum_{t=0}^{\infty} c_j^t \cdot \Delta s_j^t \cdot (1+i)^{-t}$  - jf. omtalen heraf i afsnit 7.2.

Endelig kan information om  $\Delta s_j^t$  omregnes til ændringer i personers forventede levetid  $\Delta L_j^e$  eller i det årlige antal døde  $\Delta D$  af en bestemt årsag, hvis man foretrækker at præsentere ændringen i dødsrisikoen på en af disse måder.

Imod beskrivelsen i form af person- og tidsspecifikke overlevelsessandsynligheder  $\Delta s_j^t$  taler imidlertid, at de empiriske muligheder for at gennemføre en så præcis beskrivelse, sikkert meget sjældent er til stede.

Hvis værdisætningen af ændringer i dødsrisikoen ønskes baseret på personers afslørede betalingsvilligheder herfor, kan det også være et problem at formidle ændringen i form af en forskydning i overlevelseskurven - dvs. en tidsrække  $\Delta s_j^t$ . Det kan endelig være et problem for personerne at forstå sammenhængene mellem  $\Delta s_j^t$ , ændringen i den forventede levetid  $\Delta L_j^e$  og ændringen i antal døde af en bestemt årsag  $\Delta D$ .

Dette kunne tale for at basere værdisætningen på værdien af et leveår *VOLY* - jf. omtalen af livstidsnyttefunktionerne i *afsnit 7.2* - eller værdien af et statistisk liv *VSL*, hvor ændringen i dødsrisikoen præsenteres for personerne som hhv. ændringer i den forventede levetid  $\Delta L_j^e$  eller ændringer i antal døde af en bestemt årsag  $\Delta D$ . Dette udelukker dog ikke, at ændringen i dødsrisikoen som udgangspunkt beskrives som  $\Delta s_j^t$ , idet denne information let kan omregnes til både  $\Delta L_j^e$  og  $\Delta D$ , hvis en af disse beskrivelser er bedre i overensstemmelse med den livstidsnyttefunktion eller værdisætningsmetode, som ønskes anvendt.

Hvis man omvendt ønsker at fastholde

$$\Delta LU_j = \sum_{t=0}^{\infty} \Delta s_j^t \cdot c_j^t \cdot (1+i)^{-t}$$
 som udgangspunkt for værdisætningen, selvom empirien kun giver mulighed for at beskrive ændringen i dødsrisikoen som  $\Delta L_j^e$  eller  $\Delta D$ , så forekommer det mest hensigtsmæssigt at omregne herfra til en enten konstant  $\Delta s_j$  eller en generel  $\Delta s$ . Anvendelsen af *VSL* og *VOLY* er ikke relevante i denne forbindelse - jf. *afsnit 5.1* og *5.2*. Derimod er det nødvendigt at have kendskab til værdien af  $c_j^t$ , eller i det mindste et gennemsnitligt årligt forbrug  $c_{gns}$ , for at kunne anvende denne fremgangsmåde. Problemet er herefter, hvorledes denne information opnås jf. *afsnit 7.3*.

Disse overvejelser fører frem til, at det på den ene side bør afklares, på hvilken måde det fra et sundhedsvidenskabeligt synspunkt er muligt at beskrive ændringen i dødsrisikoen. På den anden side er det vigtigt, hvis de empiriske muligheder tillader det, at tilrettelægge de statistiske undersøgelser af sammenhængene mellem ydre miljømæssige påvirkninger og ændringerne i dødsrisikoen på en sådan måde, at der direkte sigtes mod at estimere  $\Delta s_j^t$ . En sådan beskrivelse åbner nemlig mulighed for at anvende alle de værdisætningsmetoder, som er omtalt i denne rapport.

## 7.2 Hvorledes bør ændringen i personers livstidsnytte ved en ændring i dødsrisikoen opgøres – hvilke livstidsnyttefunktion bør ligge til grund for opgørelsen?

Spørgsmålet kan reelt besvares ud fra en hhv. objektiv og subjektiv tilgang. Besvarelsen kan således på den ene side fokusere på, hvorledes livstidsnyttens for personer bør opgøres fra et nytteetisk synspunkt. På den anden side kan besvarelsen i stedet koncentreres om, hvorledes personer selv opgør deres livstidsnytte. Hvis de to svar adskiller sig fra hinanden - det objektive svar er forskelligt fra det subjektive - bør man umiddelbart fra et nytteetisk og dermed velfærdsøkonomisk synspunkt, basere opgørelsen af livstidsnyttens på det objektive svar. Over for dette synspunkt kan man argumentere, at det normalt er personers egne præferencer, som lægges til grund for velfærdsøkonomiske analyser. Det bør derfor være deres subjektive vurdering, som danner grundlag for livstidsnytteopgørelsen.

Uanset hvilke tilgang der anlægges, er det nødvendigt at bestemme den relevante livstidsnyttefunktions form. Den subjektive livstidsnyttefunktion er endvidere relevant i relation til fortolkningen af personers svar på, hvor meget de vil betale for en ændring i dødsrisikoen - jf. afsnit 7.3.

Normalt antages person  $j$ 's nytte  $u_j(c_j^t)$  i et givet år  $t$  at være en funktion af de forventede forbrug  $c_j^t$  i vid forstand i dette år - dvs. forbruget af såvel markedsomsatte som ikke-markedsomsatte forbrugsgoder. Det ligger derfor i naturlig forlængelse heraf, at opgøre personers livstidsnytte som en funktion af det forventede forbrug over deres forventede levetid. Den forventede livstidsnytte  $LU_j$  for en person  $j$  beregnes som

$$(68) \quad LU_j = \sum_{t=1}^{\infty} s_j^t \cdot \frac{\partial u_j(c_j^t)}{\partial c_j^t} \cdot c_j^t$$

hvor  $s_j^t$  er overlevelsessandsynligheden for år  $t$ , og  $\frac{\partial u_j(c_j^t)}{\partial c_j^t} = \lambda_j^t$  er den

marginale nytte af forbrug for person  $j$  i år  $t$ . Herefter kan ændringen i livstidsnyttens  $\Delta LU_j$  ved en ændring i dødsrisikoen, udtrykt ved ændringer i overlevelsessandsynlighederne, beregnes som angivet med formel (69), der svarer til formel (32) i afsnit 2.4.2..

$$(69) \quad \Delta LU_j = \sum_{t=0}^{\infty} \Delta s_j^t \cdot \frac{\partial u_j(c_j^t)}{\partial c_j^t} \cdot c_j^t = \sum_{t=0}^{\infty} \Delta s_j^t \cdot \lambda_j^t \cdot c_j^t \approx \sum_{t=0}^{\infty} c_j^t \cdot \Delta s_j^t \cdot (1+i)^{-t}$$

Hvis der forventes en konstant årlig vækst i forbruget, falder den marginale nytte af forbrug over tid, med en rate svarende til en forbrugsdiskonteringsrate på  $i$ . Dette er udtrykt i den sidste del af formelen. Forbrugsdiskonteringsraten afspejler derimod ikke ren utålmodighed.

Denne formel for ændringen i livstidsnyttens må siges umiddelbart at være den, som er bedst i overensstemmelse med nytteetisk tankegang. I følge nytteetikken, er det handlingers konsekvenser for summen og fordelingen af de berørte personers nytte, som bør danne grundlag for valget af den etisk korrekte handling. Man kan argumentere for, at ændringen i personers livstidsnytte tilsvarende, som angivet i *formel (69)*, bør opgøres på grundlag af ændringen i den erhvervede sum af nytte over livsforløbet. Hvorvidt fordelingen af nytte over livsforløbet også har eller bør have betydning for livstidsnyttens størrelse, er mere uklart. I *formel (69)* er dette fordelingsaspekt ikke taget i betragtning.

Det er *formel (69)* som ligger til grund for den objektive tilgangs bestemmelse af ændringer i personers livstidsnytter. Alle personers livstidsnytter - nulevende såvel som fremtidige personers nytte - opgøres på samme måde, og den tidsmæssige placering af nytterne anses for etisk irrelevant. Den objektive tilgang forudsætter, at ændringerne i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder  $\Delta s_j^t$  kendes, men hovedproblemet er bestemmelsen af værdien af personernes årlige forbrug i vid forstand  $c_j^t$ , hvis de er i live - jf. i øvrigt *Kapitel 6*.

*Formel (69)* kan også danne grundlag for den subjektive tilgang til bestemmelse af ændringer i livstidsnyttens. I så fald vil den velfærdsøkonomiske forbrugsdiskonteringsrate  $i$  dog være erstattet af personernes egne individuelle forbrugsdiskonteringsrater  $i_j$ , der både afspejler forventninger om realvækst i forbruget, faldende sandsynlighed for at være i live og ren utålmodighed.

En sådan formel for ændringen i livstidsnyttens er imidlertid ikke den eneste mulige subjektive formel. I *afsnit 2.2* og *2.3* er der beskrevet andre mulige formler, der beskriver personers egen måde at opgøre ændringer i livstidsnyttens. Det sidste aspekt er yderst vigtigt i relation til fortolkningen af villighed til at betale for ændringer i dødsrisikoen - jf. *afsnit 7.3*.

Der er et oplagt behov for yderligere forskning i livstidsnyttens funktionens form. Forskningen må både rettes mod afklaring af, hvordan livstidsnyttens for personer bør opgøres - objektivt eller subjektivt - og, hvis den subjektive tilgang vælges, mod, hvordan personer selv opgør deres livstidsnytte. Indtil videre anvendes *formel (69)* både som grundlag for livstidsnytteberegningerne og fortolkningen af personers betalingsvillighed for ændringer i dødsrisikoen.

### **7.3 Hvorledes bør personers præferencer inddrages i analysen, og hvorledes bør personers betalingsvillighed for ændringer i dødsrisikoen fortolkes?**

Hvis ændringen i livstidsnyttens antages at kunne beregnes ved brug af *formel (69)*, og den fornødne information om ændringen i overlevelsessandsynlighederne foreligger - hvad enten det er som  $\Delta s_j^t$ ,  $\Delta s_j$  eller  $\Delta s$



- så forekommer det mest oplagt at fastsætte værdien af  $c_j^t$  (eventuelt blot  $c_j$  eller  $c_{gns}$ ) på et objektive grundlag. Hermed menes, at  $c_j^t$  fastsættes svarende til værdien af det forbrug, som den enkelte person  $j$  objektive set, med den information der foreligger om fremtidens forbrugsniveau, må forventes at oppebære i år  $t$ , hvis personen er i live det pågældende år.

Som alternativ til denne objektive tilgang til fastsættelsen af  $c_j^t$ , kan man vælge at spørge personerne om deres årlige betalingsvillighed  $WTP_j(\Delta s_j^t)$  for en ændring i dødsrisikoen. Hvis ændringen præsenteres som ændringer i personernes aldersbetingede overlevelsessandsynligheder  $\Delta s_j^t$ , er det nærliggende at fortolke den enkelte persons årlige betalingsvillighed som udtryk for den gennemsnitlige ændring i værdien af personens forventede forbrug  $\Delta s_j \cdot c_j$ . Man har således

$$(70) \quad \sum_{t=0}^{L_j^e} WTP_j(\Delta s_j^t) \cdot (1+i_j)^{-t} = \sum_{t=0}^{L_j^e} \Delta s_j^t \cdot c_j^t \cdot (1+i_j)^{-t}$$

$$\Rightarrow WTP_j(\Delta s_j^t) = a(L_j^e, i_j) \cdot \sum_{t=0}^{L_j^e} \Delta s_j^t \cdot c_j^t \cdot (1+i_j)^{-t} = \Delta s_j \cdot c_j$$

Ved denne fortolkning er det vigtigt at erindre, at  $WTP_j(\Delta s_j^t)$  afspejler personernes individuelle tidspræferencer  $i_j$ , som både omfatter forventninger til væksten i realforbruget over tid, en faldende sandsynlighed for at være i live og et rent utålmodighedselement. Dette forhold er også væsentligt at være opmærksom på, hvis man ud fra personernes årlige betalingsvilligheder ønsker at beregne en gennemsnitlig betalingsvillighed, der kan anvendes i velfærdsøkonomiske analyser, på lige fod med værdien af andre årlige forbrugsændringer - jf. afsnit 7.4.

Man kan imidlertid ikke være sikker på, at den angivne fortolkning er korrekt - dvs. at personernes årlige betalingsvilligheder er udtryk for den annuiterede værdi af nutidsværdien af de årlige ændringer i personernes forventede forbrug, over resten af deres forventede restlevetid. Det er ikke sikkert, at personerne overhovedet tænker i sådanne baner, når de angiver en årlig betalingsvillighed. De årlige betalingsvilligheder kan muligvis slet ikke indfortolkes i en livstidsnyttesammenhæng, og i så fald bør de ikke anvendes i en velfærdsøkonomisk analyse.

Det forekommer vanskeligere at fortolke  $WTP_j$ , hvis ændringen i dødsrisikoen præsenteres som en ændring i den forventede levetid  $\Delta L_j^e$  eller i det årlige antal døde af en bestemt årsag  $\Delta D$ . I så fald er det nemlig endnu mindre klart, hvad personernes svar er udtryk for. Har personer-

ne været i stand til at omsætte  $\Delta L_j^e$  eller  $\Delta D$  til en ændring i  $\Delta s_j$ ? Har de foretaget den i *formel (70)* beskrevne kalkulation? Har de eventuelt lagt en anden livstidsnyttefunktion til grund for deres svar?

Der er et klart behov for at komme til en klarere forståelse af, hvilke overvejelser der ligger til grund for personers betalingsvillighed for en ændring i dødsrisikoen. En sådan forståelse vil muligvis skabe større klarhed om, hvad det er mest hensigtsmæssigt at spørge om. Der bør så vidt muligt spørges på en sådan måde, at den enkelte persons svar kan fortolkes og omregnes til et udtryk for ændringen i personens livstidsnytte. Det vil også være en fordel, hvis svarene kan anvendes i andre sammenhænge, hvor dødsrisikoen ændres på en anden måde, end den der aktuelt spørges om. Endelig er det klart, at spørgsmålet må afspejle den måde, hvorpå det er muligt empirisk at beskrive ændringen i dødsrisikoen.

#### **7.4 Hvorledes bør en gennemsnitlig årlig betalingsvillighed beregnes, når de adspurgte personer har forskellige forventede restlevetider og tidspræferencer, og hvorledes bør fremtidige personers betalingsvillighed fastsættes?**

Personernes årlige betalingsvilligheder for en nærmere specificeret ændring i dødsrisikoen danner normalt grundlag for beregning af en gennemsnitlig betalingsvillighed, der skal anvendes i forbindelse med velfærdsøkonomiske beregninger af ændringen i dødsrisikoen. Denne gennemsnitsberegning giver anledning til tre specifikke problemer:

Personerne oplever ændringen i dødsrisikoen på forskellig måde, fordi de har forskellige forventede restlevetider, og derfor har de også udtrykt en årlig betalingsvillighed for forskellige restlevetider.

Personernes årlige betalingsvilligheder afspejler deres individuelle tidspræferencer. Betalingsvillighederne må derfor justeres, således at de kan anvendes i velfærdsøkonomiske analyser, hvor værdien af de årlige konsekvenser diskonteres med en velfærdsøkonomisk diskonteringsrate, der adskiller sig fra de individuelle rater.

Ændringen i dødsrisikoen har også betydning for fremtidige personer, hvis overlevelseskurve herved adskiller sig fra, hvad den ellers havde været. Spørgsmålet er, hvorledes ændringen i dødsrisikoen for fremtidige personer skal værdisættes.

Som det fremgår af fremstillingen i *Kapitel 3 - 5* - jf. *Tabel 3.1, 4.1* og *5.1* - opstår disse problemstillinger, uanset man ønsker at beregne *VSL*, *VOLY* eller *WTP*( $\Delta s$ ). I det følgende knyttes fremstillingen af problemerne til beregningen af *WTP*( $\Delta s$ ).

Personers gennemsnitlige betalingsvillighed for en ændring i overlevelsessandsynligheden  $WTP(\Delta s)$  kan beregnes som et simpelt gennemsnit af de udtrykte betalingsvilligheder  $WTP_j(\Delta s)$  - dvs.

$$(71) \quad WTP(\Delta s) = \frac{\sum_{j=1}^N WTP_j(\Delta s)}{N}$$

I denne beregning er der imidlertid ikke taget højde for, at betalingsvillighederne afspejler personernes individuelle tidspræferencer udtrykt ved diskonteringsraterne  $i_j$ . Disse rater udtrykker både forventninger om en faldende marginal nytte af forbrug over tid som følge af forventninger om en fremtidig forbrugsvækst, faldende overlevelsessandsynlighed over tid og ren utålmodighed. Derfor kan betalingsvillighederne ikke umiddelbart anvendes i en velfærdsøkonomisk analyse, hvor værdien de årlige forbrugskonsekvenser - herunder betalingsvilligheden for ændringen i dødsrisikoen - diskonteres med en velfærdsøkonomisk diskonteringsrate  $i$ , der alene bør udtrykke den faldende marginale nytte af forbrug, som følge af en forventet forbrugsvækst. Korrektionen for forskellen mellem de individuelle og den velfærdsøkonomiske diskonteringsrate kan foretages på følgende måde:

$$(72) \quad WTP_1^{korr}(\Delta s) = \frac{\sum_{j=1}^N WTP_j^{korr}(\Delta s)}{N} = \frac{\sum_{j=1}^N (a(L_j^e, i) \cdot \sum_{t=0}^{L_j^e} WTP_j(\Delta s) \cdot (1+i_j)^{-t})}{N}$$

Først beregnes nutidsværdien af den enkelte persons årlige betalingsvillighed over personens forventede restlevetid  $L_j^e$  ved brug af personens individuelle forbrugsdiskonteringsrate  $i_j$ . Dernæst annuiteres den beregnede nutidsværdi over den samme tidshorisont med brug af den velfærdsøkonomiske diskonteringsrate  $i$ . Hermed opnås en velfærdsøkonomisk anvendelig årlig betalingsvillighed  $WTP_j^{korr}(\Delta s)$  for hver person. Endelig beregnes den korrigerede gennemsnitlige årlige betalingsvillighed  $WTP_1^{korr}(\Delta s)$  som et simpelt gennemsnit af personernes korrigerede betalingsvilligheder.

Denne beregning tager dog ikke hensyn til, at dødsrisikoændringen påvirker personerne forskelligt, ved at de har forskellige forventede restlevetider  $L_j^e$ , og at personerne tilsvarende har udtrykt den årlige betalingsvillighed for forskellige tidshorisonter. Der er flere muligheder for at tage højde for disse forskelle ved beregningen af den gennemsnitlige årlige betalingsvillighed.

Én mulighed er først at beregne nutidsværdierne af personernes årlige betalingsvilligheder. Dette sker ud fra hver persons forventede restlevetid og individuelle forbrugsdiskonteringsrate. Herefter summeres nu-

tidsværdierne, og summen annuiseres over en gennemsnitlig forventet restlevetid  $L_{gns}^e$  med den velfærdsøkonomiske forbrugsdiskonteringsrate  $i$ . Endelig beregnes den korrigerede gennemsnitlige årlige betalingsvillighed  $WTP_2^{korr}(\Delta s)$  som et simpelt gennemsnit af den annuiserede samlede betalingsvillighed. Beregningen er sammenfattet i følgende formel:

$$(73) \quad WTP_2^{korr}(\Delta s) = \frac{a(i, L_{gns}^e) \cdot \sum_{j=1}^N \left( \sum_{t=0}^{L_j^e} WTP_j(\Delta s) \cdot (1+i_j)^{-t} \right)}{N}$$

Hvis der ikke foreligger information om personernes individuelle forbrugsdiskonteringsrater  $i_j$ , kan man overveje i stedet at benytte en repræsentativ diskonteringsrate  $i_{rep}$ , som kendes fra undersøgelser af nulevende personers tidsp præferencer. Nutidsværdiberegningen bør i så fald også baseres på en gennemsnitlig forventet restlevetid  $L_{gns}^e$ . Den skildrede beregning kan herefter gennemføres med denne rate og restlevetid, som vist i følgende formel:

$$(74) \quad WTP_3^{korr}(\Delta s) = \frac{a(i, L_{gns}^e) \cdot \sum_{t=0}^{L_{gns}^e} \left( \sum_{j=1}^N WTP_j(\Delta s) \right) \cdot (1+i_{rep})^{-t}}{N}$$

Hvis der ikke foreligger information om personernes forventede restlevetider, eller der hersker tvivl om, hvilken tidshorizont personerne har lagt til grund for deres årlige betalingsvilligheder, kan man eventuelt vælge at antage, at disse gælder for en uendelig tidshorizont. Med denne antagelse kan den gennemsnitlige korrigerede årlige betalingsvillighed beregnes som:

$$(75) \quad WTP_4^{korr}(\Delta s) = \frac{i \cdot \frac{1}{i_{rep}} \cdot \sum_{j=1}^N WTP_j(\text{år})}{N}$$

Problemet ved de hidtil beregningsmetoder er, at hvis den beregnede gennemsnitlige korrigerede årlige betalingsvillighed  $WTP^{korr}(\Delta s)$  skal kunne anvendes ved mange forskellige tidshorisonter for ændringen i dødsrisikoen, så må det implicit antages, at personernes betalingsvilligheder er repræsentative for, hvad en befolkning til enhver tid vil udtrykke. Dette indebærer, at personerne reelt antages at ændre betalingsvillighed med alderen, selvom ændringen i dødsrisikoen sker fra et bestemt år 0.

Derfor bør det overvejes i stedet at fastholde, at personernes udtrykte årlige betalingsvilligheder ligger fast for det antal år de er udtrykt - typisk den forventede restlevetid for hver person. Den gennemsnitlige årlige

betalingsvillighed bør herefter beregnes for hvert år for de personer, som forventes at være i live det pågældende år. Når en person falder bort, antages personen at blive erstattet af en fremtidig person, som ikke nødvendigvis har samme årlige betalingsvillighed for dødsrisikoændringen, som den afdøde person. Man kender ikke den fremtidige persons årlige betalingsvillighed; men en mulighed er at antage, at den svarer til betalingsvilligheden for den yngste blandt de nulevende adspurgte personer.

Følges denne fremgangsmåde opnås en serie af gennemsnitlige korrigerede årlige betalingsvilligheder  $WTP_5^{korr}(\Delta s, t)$ , hvor den årlige betalingsvillighed ændres år for år, indtil alle nulevende personer er døde. Herefter er den gennemsnitlige korrigerede årlige betalingsvillighed konstant, fordi alle fremtidige personers årlige betalingsvilligheder antages at være ens. Beregningen af den gennemsnitlige korrigerede betalingsvillighed for det enkelte år  $t$  beregnes på følgende måde, hvor  $j(t)$  til  $N(t)$  er de nulevende og fremtidige personer, som er i live det pågældende år:

$$\begin{aligned}
 WTP_5^{korr}(\Delta s, t) &= \frac{\sum_{j(t)=1}^{N(t)} WTP_{j(t)}^{korr}(\Delta s)}{N} \\
 (76) \qquad &= \frac{\sum_{j(t)=1}^{N(t)} (a(L_{j(t)}^e, i) \cdot \sum_{\tau=0}^{L_{j(t)}^e} WTP_{j(t)}(\Delta s) \cdot (1+i_{j(t)})^{-\tau})}{N}
 \end{aligned}$$

Gennemsnittet er beregnet for en befolkning, hvis antal er konstant  $N$ . Denne antagelse kan let ophæves, således at gennemsnittet for det enkelte år beregnes for et varierende antal personer.

Der skal ikke her peges på en foretrukken metode til beregningen af den gennemsnitlige årlige betalingsvillighed. Der er et klart behov for en metodisk afklaring af denne (oversete?) problemstilling.

Uanset hvorledes man vælger at håndtere de omtalte problemstillinger, viser fremstillingen imidlertid, at det er en klar fordel - i forbindelse med betalingsvillighedsundersøgelser - både at indhente oplysninger om de adspurgtes tidspræferencer og forventede restlevetider. Flere af de forskellige korrektionsmuligheder og de forskellige måder at beregne den gennemsnitlige betalingsvillighed på forudsætter denne information.

## Referencer

AEA Technology Environment 2005: "Methodology for the Cost-Benefit analysis for CAFE - Volume 2: Health impact assessment", AEA Technology Environment February 2005.

Commission of European Communities 2005: "Annex to: The Communication on Thematic Strategy on Air Pollution and The Directive on "Am-

bient Air Quality and Cleaner Air for Europe" - Impact Assessment", Commission of European Communities 2005.

Møller, F. 1996: "Værdisætning af miljøgoder", Jurist- og Økonomforbundets Forlag, København 1996.

Møller, F. 2008: "Omregning af personers afslørede årlige *WTP* til en repræsentativ årlig betalingsvillighed for hele befolkningen", notat af 6. april 2008 (kan rekvireres hos forfatteren).

Møller, F. 2009: "Velfærd nu eller i fremtiden", Aarhus Universitetsforlag, Aarhus 2009.

## DMU Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser er en del af Aarhus Universitet. På DMU's hjemmeside [www.dmu.dk](http://www.dmu.dk) finder du beskrivelser af DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter.

DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø. Her kan du også finde en database over alle publikationer som DMU's medarbejdere har publiceret, dvs. videnskabelige artikler, rapporter, konferencebidrag og populærfaglige artikler.

Yderligere information: [www.dmu.dk](http://www.dmu.dk)

Danmarks Miljøundersøgelser  
Frederiksborgvej 399  
Postboks 358  
4000 Roskilde  
Tlf.: 4630 1200  
Fax: 4630 1114

Administration  
Afdeling for Arktisk Miljø  
Afdeling for Atmosfærisk Miljø  
Afdeling for Marin Økologi  
Afdeling for Miljøkemi og Mikrobiologi  
Afdeling for Systemanalyse

Danmarks Miljøundersøgelser  
Vejlsovej 25  
Postboks 314  
8600 Silkeborg  
Tlf.: 8920 1400  
Fax: 8920 1414

Afdeling for Ferskvandsøkologi  
Afdeling for Marin Økologi  
Afdeling for Terrestrisk Økologi

Danmarks Miljøundersøgelser  
Grenåvej 14, Kalø  
8410 Rønne  
Tlf.: 8920 1700  
Fax: 8920 1514

Afdeling for Systemanalyse  
Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet

## VÆRDISÆTNING AF ÆNDRING I DØDSRISIKO

Beskrivelse af ændring i dødsrisiko, livstidsnyttefunktion, fortolkningen af personers betalingsvillighed og aggregeringen heraf

Rapporten diskuterer, hvorledes ændringen i dødsrisikoen bedst beskrives som ændringer i de aldersbetingede overlevelsessandsynligheder frem for ændringer i de forventede levetider eller ændringer i antallet af dødsfald af en bestemt årsag. Det diskuteres endvidere, hvorledes ændringer i personers livstidsnytte som følge af en ændring i dødsrisikoen bør opgøres. Endelig diskuteres det, hvorledes personers betalingsvillighed for en ændring i dødsrisikoen bør fortolkes samt aggregeres til en samlet betalingsvillighed herfor.