



UiO • Universitetet i Oslo

Kalkulasjonsrente og usikkerhet

Presentasjon for Finansdepartementet

28. februar 2019

Diderik Lund, professor emeritus

Økonomisk institutt, UiO

og CREE



Disposisjon

- Kort om NOU 1997:27, NOU 2012:16, R-109
- En enkel modell for verdsetting av usikre inntekter
- Hva slags usikkerhet er relevant?
- Er markedspriser relevante?
- Uten markedspriser, hva vet vi om relevant usikkerhet?
 - Eksempel: Olje
 - Eksempel: Klimatiltak
- Usikkerhet i flere perioder

Bakgrunn

- Deler av dagens innledninger overlapper med CREEs dialogseminar i november 2017
- Etter seminaret publiserte vi F Nesje og D Lund, Risikojustering av kalkulasjonsrenta i samfunnsøkonomiske analysar, *Samfunnsøkonomen* 132(4), 2018, 34–42 (engelsk oversettelse, se http://folk.uio.no/dilund/Nesje_and_Lund_2018_englishFN.pdf)

Anbefalt praksis i staten endres over tid

NOU 1997:27 → R-14/1999; NOU 2012:16 → R-109/2014

- Før 1997: Nyttekostnadsanalyse (NKA) bygger bare på forventede verdier; ikke noen risikojustering i kalkulasjonsrenten
 - Bakgrunn: Arrow og Lind (1970), NOU 1983:25
- NOU 1997:27 og R-14/1999: Ta hensyn til systematisk risiko; risikotillegg i kalkulasjonsrenten basert bl.a. på kapitalverdimodellen (KVM, CAPM)
 - Bakgrunn bl.a. Lind (1982), jfr. også Lund (1993a)
- NOU 2012:16 og R-109/2014: KVM problematisk; ikke lenger anbefalt å differensiere kalkulasjonsrente basert på prosjekters systematiske risiko (– unntak?)

Men NOU 2012:16 åpner for systematisk risiko

- *Systematisk risiko* er et risiko-begrep basert på kovarians, altså i hvilken grad framtidige nettoinntekter samvarierer med øvrige inntekter (evt. med formue, eller med avkastninger), «beta» i KVM
- NOU 2012:16: «Etter en samlet vurdering anbefaler en derfor ikke etablering av flere risikoklasser med ulike risikojusterte diskonteringsrater. For tiltak som helt klart har lav eller negativ *systematisk risiko*, som for eksempel arbeidsmarkedstiltak, vil det være naturlig å bruke en kalkulasjonsrente som er lavere. For tiltak som har helt klart høyere *systematisk risiko* vil det tilsvarende være riktig å bruke en kalkulasjonsrente som er høyere.» (Avsn. 5.7, mine uthev.)

Enkel modell for verdsetting av usikre prosjektinntekter (og -kostnader)

- Betrakt en enkelt aktør gjennom to perioder (0, 1)
 - Tenk på aktøren som et norsk gjennomsnittshushold
- Tidsadditiv nyttefunksjon; risikoaversjon i periode 1

$$V = U(C_0) + \theta E[U(\tilde{C}_1)]; \text{ der } 0 < \theta < 1$$
 - C_0, \tilde{C}_1 er aktørens konsum; U er periode-nyttefunksjonen
 - \sim viser usikkerhet; E er forventning; θ gir nyttediskontering
- Betrakt en mulighet for økt framtidig konsum mot en reduksjon i dagens konsum; økningen er usikker

$$C_0 = Y_0 - I; \tilde{C}_1 = \tilde{Y}_1 + I(1 + \tilde{r}_I) \equiv \tilde{Y}_1 + I\tilde{R}_I$$
 - Y_0, \tilde{Y}_1 er aktørens inntekter; I investering; \tilde{R}_I avkastning
- Er investeringen ønskelig, dvs. fører den til økt V ?

Modellen fører til kovarians som risikomål

- Investeringen er ønskelig hvis

$$\frac{dV}{dI} = -U'(C_0) + \theta E[U'(\tilde{C}_1) \cdot \tilde{R}_I] > 0$$

- Bruk regelen $\text{cov}(\tilde{x}, \tilde{y}) = E(\tilde{x} \cdot \tilde{y}) - E(\tilde{x})E(\tilde{y})$; omskriv til

$$E(\tilde{R}_I) > \frac{U'(C_0)}{\theta E[U'(\tilde{C}_1)]} - \text{cov} \left[\frac{U'(\tilde{C}_1)}{E[U'(\tilde{C}_1)]}, \tilde{R}_I \right] \quad (1)$$

- Første brøk på høyre side er velkjent fra drøfting av kalkulasjonsrente under full sikkerhet, siden

$$\frac{U'(C_0)}{\theta U'(C_1)} \approx 1 + \delta + \eta g$$

der $1 + \delta = 1/\theta$, $-\eta$ er elastisiteten til U' -funksjonen og g er vekstraten i konsumet (se f.eks. NOU 2012:16, avsnitt 5.2.1)

(Det er mulig å hoppe over det som er skrevet i blått)

Forenkling: Aktøren kan spare/låne risikofritt

- Antar aktøren kan spare/låne fritt til risikofri rente
 - Risikofri rente er r_f ; definerer en bruttorente $R_f = 1 + r_f$
 - Medfører at (1) er oppfylt med likhet for R_f (istf. \tilde{R}_I)
 - Hvis ikke, vil aktøren spare mer, evt. låne mindre, så lenge (1) er oppfylt med ulikhet; omvendt hvis motsatt ulikhet gjelder; slik at de to konsumstørrelsene justeres til likhet gjelder
 - Siden R_f er sikker, er kovariansen null, og vi finner

$$R_f = \frac{U'(C_0)}{\theta E[U'(\tilde{C}_1)]}$$

- Dette uttrykket forenkler investeringskriteriet

Investeringskriterium basert på kovarians

- Investering er ønskelig (forutsatt fri sparing/lån) hvis

$$E(\tilde{R}_I) > R_f - \text{cov} \left[\frac{U'(\tilde{C}_1)}{E[U'(\tilde{C}_1)]}, \tilde{R}_I \right] \quad (2)$$

- Forventet avkastning større enn risikofri rente justert for systematisk risiko, men hvorfor minus-tegn?
- For de fleste prosjekter er kovariansen i (2) negativ, så avkastningskravet, høyre side, er større enn R_f
 - Begrunnelse: De fleste prosjekter gir størst inntekt i høykonjunktur, dvs. når konsumet er høyt; høy \tilde{C}_1 gir lav $U'(\tilde{C}_1)$ (ved risikoaversjon), slik at $\text{cov}[U'(\tilde{C}_1), \tilde{R}_I] < 0$
 - Men merk sitatet foran om arbeidsmarkedstiltak; for slike tiltak er kravet til forventet avkastning lavere enn R_f

Total risiko (f.eks. målt ved varians) er ikke relevant, bare systematisk risiko, kovarians

- Hva skjer hvis usikkerheten i \tilde{R}_I øker?
- Ny situasjon, prosjektinntekt er $I \cdot \tilde{R}_I \cdot \tilde{X}$, der \tilde{X} er multiplikativ hvit støy, en variabel som er uavhengig av alt annet i modellen, med $E(\tilde{X}) = 1$; $\text{var}(\tilde{X}) > 0$

- Svar: Uendret kovarians og avkastningskrav, siden

$$\text{cov} \left[\frac{U'(\tilde{C}_1)}{E[U'(\tilde{C}_1)]}, \tilde{R}_I \cdot \tilde{X} \right] = \text{cov} \left[\frac{U'(\tilde{C}_1)}{E[U'(\tilde{C}_1)]}, \tilde{R}_I \right] E(\tilde{X})$$

- Anvendelse: Hvis prosjektinntekt er produkt av pris og kvantum, og kvantum er uavhengig av alt annet i økonomien, så er kvantumsusikkerhet irrelevant

Andre varianter av kovarians-formelen

- Betalingsvillighet hos hver aktør bestemmes av kovarians mellom prosjektinntekt og grensenytte
 - Ikke direkte observerbart
- Men under noen forutsetninger kan en i stedet bruke kovarians mellom prosjektinntekt og aktørens framtidige konsum eller formue
 - Forutsett kvadratisk nytte eller normalfordelte avkastninger
- Hvis aktører har (og bruker) samme muligheter til å diversifisere framtidige usikre inntekter i finansmarkedene, blir betalingsvillighetene deres like
 - Kapitalverdmodellen: Kovarians med markedsporteføljen
 - Hvis ikke, blir de ulike, se Lund (1993c), Minken (2005)

Noen misforståelser om kovariansformelen

- Kovarians-risiko krever urealistiske forutsetninger?
- Tvert imot bygger utledningen av (2) bare på (i) tidsadditiv forventet nytte og (ii) risikofri sparing/lån
 - Forutsetningen om optimalt valg av risikofri sparing eller lån kan også oppheves, men da opptrer en marginal substitusjonsbrøk i stedet for R_f på høyre side i (2)
 - Ingen forutsetning om at aktørene maksimerer forventet nytte, bare at nytte måles som forventet nytte
 - Ingen forutsetning om at alle usikre inntektskilder er resultat av optimalt valgte porteføljer
 - Ingen forutsetninger om at markedsporteføljen inneholder alle usikre inntektskilder
 - Ingen forutsetning om kvadratisk nytte eller normalfordeling

Bruk av markedspriser?

- NKA bruker markedspriser når de eksisterer
 - Gir verdi av tilsvarende prosjekt i privat sektor
 - Gir også betalingsvillighet hos konsumenter dersom konsumentene er kjøpere eller selgere av varen
 - Velkjente korreksjoner for skatter og eksternaliteter
- Usikre prosjekter prises delvis i finansmarkedene
 - Aksjer i ASA-er som har ensidig aktivitet = prosjektet
 - Terminpriser gir nåverdier av råvarer
- Men ufullstendig, vanskelig anvendbart (Lund 1990)
 - Sammenliknet med «full sikkerhet»: Mangelfulle markeder
 - Bare mindre andel av befolkningen handler finanspapirer
 - Uvisst om betalingsvilligheten deres reflekteres i markedene

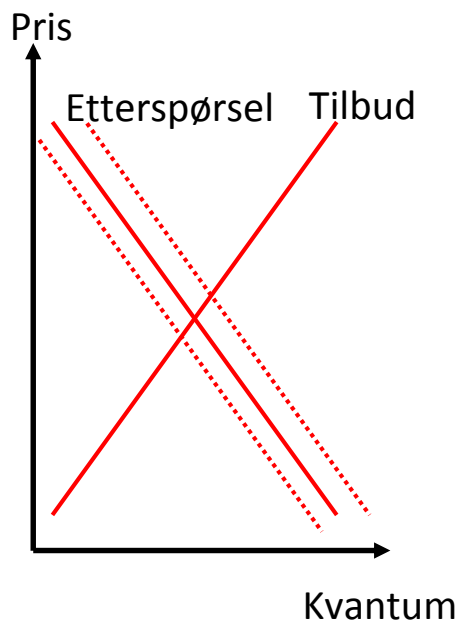
Bruk av kapitalverdimodellens «beta», kovarians med markedporteføljen

- NOU (2012:16) klargjør (avsn. 5.7) at kapitalverdimodellen har teoretiske og empiriske svakheter; derfor mener utvalget «at denne modellen ikke er et godt grunnlag for å fastsette kalkulasjonsrenten for offentlige prosjekter»
 - Enig angående svakhetene, men likevel
- To begrunnelser for at KVM likevel er relevant:
 - I den grad prosjekter finansieres ved å fortrenge prosjekter i privat sektor, skal avkastningskrav i privat sektor brukes; dette er ofte basert på KVM
 - Et første anslag på kovarians i (2) kan være KVM-beta

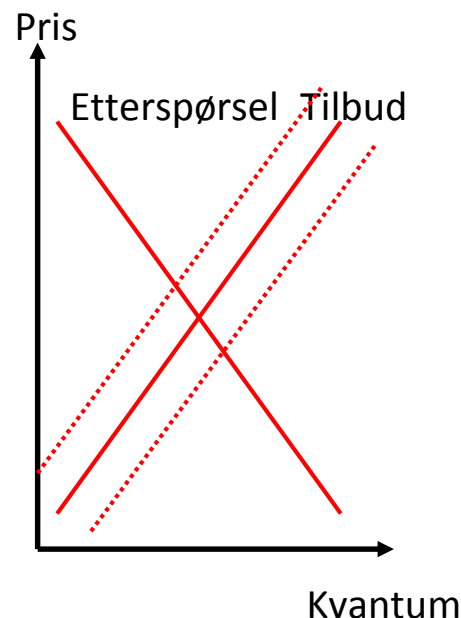
Andre mulige metoder for å anslå betalingsvillighet

- Flere studier forsøker å anslå kovarianser mellom framtidig nasjonalinntekt (eller -formue) og ulike prosjektinntekter; skiller ikke mellom ulike aktører
- Kan bruke historiske data for f.eks. råvarepriser for å predikere hvordan kovariansene vil være
- Kan konstruere modeller der kovarianser blir resultat av ulike mekanismer i modellen
 - Enkle teoretiske modeller gir formler for kovarians (Lund 1993a)
 - Mer kompliserte regnemodeller, der simuleringer kan gi kovarianser som tallstørrelser (Vennemo et al. 2013)
 - Eksempler: Olje; klima

Oppstår oljeprisusikkerhet (i hovedsak) på etterspørsels- eller tilbudssiden? Betrakt verdensmarkedet for olje:



- Om tilbudskurven ligger fast, og usikkerhet skyldes etterspørselssiden, vil olje ha positiv systematisk risiko



- Om etterspørselskurven ligger fast, og usikkerhet skyldes tilbudssiden, vil olje ha negativ systematisk risiko



Systematisk risiko for olje (forts.)

- Historiske estimater av kovarians mellom oljepris og avkastning på ulike børsindekser illustrerer at den varierer mellom negative og positive verdier
- To studier som bruker hhv. S&P500 og FTSE world
 - Lund og Nymoen (2018) finner negative kovarianser på daglige og ukentlige data for omtrent hele perioden 1993–2008; tilbudssideusikkerhet ser ut til å dominere
 - Meld. St. 19 (2013–2014) finner (fig. 2.6) negative kovarianser 2003–2008, men positive både før og etter, på månedlige data
 - Tolkning: Finanskrisen ga store etterspørselssvingninger
- Foreløpig konklusjon: Trenger å vite hva slags usikkerhet som vil dominere framover; vanskelig

Vil verdien av klimatiltak samvariere positivt eller negativt med nasjonalinntekt?

- Problemstillingen er parallell til det vi nettopp så for oljemarkedet, tilbuds- eller etterspørselsusikkerhet?
- Tilleggsproblem: Vanskelig å observere verdi av tiltakene i markedet; modellbaserte studier i stedet
- Sandsmark og Vennemo (2008) har modell der usikkerhet om klimautviklingen er eksogen; verre klima fører til svakere vekst i nasjonalinntekt; verdien av klimatiltak er høyest når nasjonalinntekten er lav
- Dietz et al. (2017) åpner for at det er usikker økonomisk vekst som driver klimausikkerhet; verdi av klimatiltak er høyest når nasjonalinntekten er høy

Usikkerhet i flere perioder

- Dette er et stort tema som vi bare såvidt kan komme inn på her i dag; vil se på tillegget for prosjektets systematiske risiko
- Normalt vil et prosjekt gi resultater i mange perioder, men det skal vi ikke komme nærmere inn på
- Formelen (2) på side 8 gjelder også om resultatet av investeringen ligger langt fram i tid, der vi kan tenke oss at periodelengden ikke er ett år, men mange år
- En alternativ metode justerer en usikker framtidig pris til en framtidig sikkerhetsekvivalent, som aktøren ville være villig til å motta med full sikkerhet i bytte mot den usikre prisen, $E_0(P_{It}) + \text{cov}_0 \left[\frac{u'(C_t)}{E_0[u'(C_t)]}, P_{It} \right]$
- Denne kan neddiskonteres med risikofri rente (Lund 1990, likn (A.13))
- Det er mer vanlig å anta at kalkulasjonsrenten med tillegg for systematisk risiko kan brukes til vanlig nåverdiberegning over mange perioder, slik at vi kan regne nåverdi med en faktor $1/(1+r_I)^t$, der $(1 + r_I)$ er høyre side i (2), og t er antall år; dette er langt fra opplagt

Under hvilke forutsetninger kan en bruke et konstant tillegg for systematisk risiko og bruke en slik rente til flerårig diskontering?

- For aksjemarkedet er det ikke helt urimelig, som en første tilnærming, å forutsette at KVM
 - gjentar seg hvert år med samme kovarianser
 - har usikre avkastninger som er uavhengige over tid
- Da vil nåverdi av å motta en inntekt om t år bli riktig neddiskontert med konstant risikotillegg i renten
 - Relevant samfunnsøkonomisk hvis et prosjekt gir inntekter som er perfekt korrelert med prosjekter i privat sektor, eventuelt med lineære kombinasjoner av slike
 - Men generelt kan vi ikke regne med at slike forutsetninger holder

Noen avvik fra den enkle modellen med konstant risikotillegg over mange perioder

- Hvis et prosjekt har en usikkerhet som først avdekkes idet inntekten foreligger om t år:
 - dvs. det blir ikke kjent noen informasjon underveis
 - likner på et lotteri, der ingen får noen info før trekningen
 - da kan vi beregne en verdi like før usikkerheten avdekkes
 - denne verdien neddiskonteres med risikofri rente, $(1 + r_f)^{-t}$
- Hvis et prosjekt produserer råvarer, kan vi se på historiske data for kovarians mellom råvarepris og nasjonalinntekt (evt. med markedsportefølje)
 - Men råvarepriser har ikke usikkerhet som vokser over tid slik som aksjepriser (Lund 1993b)

Referanser

- Arrow, KJ, og RC Lind (1970), Uncertainty and the evaluation of public investment decisions, *American Economic Review* 60, 364–378
- Dietz, S, C Gollier og L Kessler (2017), The climate beta, *Journal of Environmental Economics and Management*, under publisering, tilgjengelig online fra 18. juli
- Finansdepartementet (1999), Behandling av diskonteringsrente, risiko, kalkulasjonspriser og skattekostnad i samfunnsøkonomiske analyser, rundskriv R-14/99, Oslo
- Finansdepartementet (2014), Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv., rundskriv R-109/14, Oslo
- Lind, RC (red.) (1982), *Discounting for time and risk in energy policy*, Johns Hopkins Univ Press, Baltimore
- Lund, D (1990), Social discount rates for Norwegian oil projects under uncertainty, i O Bjerkholt, Ø Olsen og J Vislie, red., *Recent Modelling Approaches in Applied Energy Economics*, Chapman and Hall, London, pp 171–186
- Lund, D (1993a), Samfunnsøkonomisk vurdering av usikkerhet, *Norsk Økonomisk Tidsskrift* 107, 155–178
- Lund, D (1993b), The lognormal diffusion is hardly an equilibrium price process for exhaustible resources, *Journal of Environmental Economics and Management* 25, 235–241
- Lund, D (1993c), Usikre investeringer under begrenset diversifisering, *Beta* 7(2), 14–21 (Beklager trykkfeil s. 15, øverst i andre spalte)
- Lund, D, og R Nymoen (2018), Comparative statics for real options on oil: What stylized facts? *Engineering Economist* 63, 54–65
- Minken, H (2005), *Nyttekostnadsanalyse i samferdselssektoren: Risikotillegget i kalkulasjonsrenta*, rapport 796/2005, Transportøkonomisk institutt, Oslo
- NOU (1983:25), *Bruk av kalkulasjonsrente i staten*, Finansdepartementet, Oslo
- NOU (1997:27), *Nytte-kostnadsanalyser*, Finansdepartementet, Oslo
- NOU (2012:16), *Samfunnsøkonomiske analyser*, Finansdepartementet, Oslo
- Sandsmark, M, og H Vennemo (2007), A portfolio approach to climate investments: CAPM and endogenous risk, *Environmental and Resource Economics* 37, 681–695
- Vennemo, H, M Hoel og H Wahlquist (2013), *Analyse av systematisk usikkerhet i norsk økonomi*, Concept rapport 32, NTNU, Trondheim