

# **Korrumperer korrupsjon?**

## **En dynamisk analyse av korrupsjonsnivå**

Tina Søreide

**R 2000: 1**

## Recent Reports

- R 1999: 3 FJELDSTAD, Odd-Helge and Joseph Semboja  
Local government taxation and tax administration in Tanzania. Bergen, 1999,  
79 pp.  
(Price NOK 90 + postage)
- R 1999: 4 SUMAILA, Ussif Rashid et al.  
Marine protected areas and managing fished ecosystems. Bergen, 1999, 53  
pp. (Price NOK 50 + postage)
- R 1999: 5 TVEDTEN, Inge and Selma Nangulah  
Social relations of poverty: A case-study from Owambo, Namibia, Bergen,  
1999, 59 pp. (Price NOK 50 + postage)
- R 1999: 6 OFSTAD, Arve (ed.)  
Bergen Seminar on Development 1999. Making South-North organisational  
cooperation an effective instrument for institution building. Bergen, 1999, 80  
pp. (Price NOK 90 + postage)
- R 1999: 7 HODGE, James and Hildegunn Kyvik Nordås  
Liberalization of trade in product services - the impact on developing  
countries. Bergen, 1999, 26 pp. (Price NOK 50 + postage)
- R 1999: 8 GAIRDNER, David  
The role of truth commissions in political transition in Chile and El Salvador.  
Bergen, 1999, 72 pp. (Price NOK 90 + postage)
- R 2000: 1 SØREIDE, Tina  
Korrupperer korrupsjon? En dynamisk analyse av korrupsjonsnivå. Bergen,  
2000, 85 pp (Price NOK 90 + postage)

A complete list of publications and Annual Report available free of charge

### For priced publications:

Surface mail (B-economique) free with prepaid orders. For airmail (A-prioritaire) outside the Nordic countries add 20 %

### Four easy ways to pay:

Cheque, issued in Norwegian kroner

Post office giro, paid by International Giro: 0808 5352661

SWIFT: DNBANOBB, Den norske Bank no: 5201.05.42308

### Order from:

Chr. Michelsen Institute

P.O. Box 6033 Postterminalen, N-5892 Bergen, Norway

Fax: + 47 55 57 41 66 Phone: + 47 55 57 40 00

E-mail: [cmi@amadeus.cmi.no](mailto:cmi@amadeus.cmi.no)

# Summary

In this study dynamic analysis is applied to model changes in the level of corruption in institutions. An existing static model of corruption is evaluated and developed to incorporate dynamics. The numerical simulation programme Powersim is used to analyse the impacts of changes in different explanatory parameters on the extent of corruption.

# **Korrumperer korrupsjon?**

## **En dynamisk analyse av korrupsjonsnivå**

Tina Søreide

**R 2000: 1**



**Chr. Michelsen Institute** *Development Studies and Human Rights*

## **CMI Reports**

---

This series can be ordered from:

Chr. Michelsen Institute

P.O. Box 6033 Postterminalen,

N-5892 Bergen, Norway

Tel: + 47 55 57 40 00

Fax: + 47 55 57 41 66

E-mail: [cmi@amadeus.cmi.no](mailto:cmi@amadeus.cmi.no)

Web/URL: <http://www.cmi.no>

Price: NOK 90 + postage

ISSN 0805-505X

ISBN 82-90584-53-9

## **Indexing terms**

---

Corruption

Dynamic modelling

Dynamic analysis

Numerical simulation

JEL classification: C6, C15, C61, C62, C63, D82, H30

# Innhold

---

## Forord

## Innledning

<b>1. Dynamisk analyse</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Korrupsjon</b> .....	<b>7</b>
<b>3. "How Corruption May Corrupt"</b> .....	<b>14</b>
3.1 Modell	
3.2 Kommentarer	
<b>4. Fra statisk til dynamisk modell</b> .....	<b>25</b>
4.1 Private aktører og deres fortjeneste	
4.2 Byråkratenes reaksjon og bestikkelsens størrelse	
4.3 Forventningsdannelse	
4.4 Valg av sannsynlighetsfordeling	
<b>5. Stabilitetsanalyse</b> .....	<b>40</b>
5.1 Å simulere en modell i Powersim	
5.2 Likevekter og stabilitet	
5.3 Parameterendringer og dynamikk	
5.4 Forventninger og påvirkning på konvergens	
5.5 Fordelingsvalg som samfunnskarakteristikk	
5.6 Kvalitative egenskaper ved modellen	
<b>6. Diskusjon</b> .....	<b>60</b>
<b>Referanser</b> .....	<b>66</b>
<b>Appendiks</b>	
i Variabelliste	
ii Sammendrag av modellen	
iii Utledninger	
iv Simuleringer	

---



## Forord

---

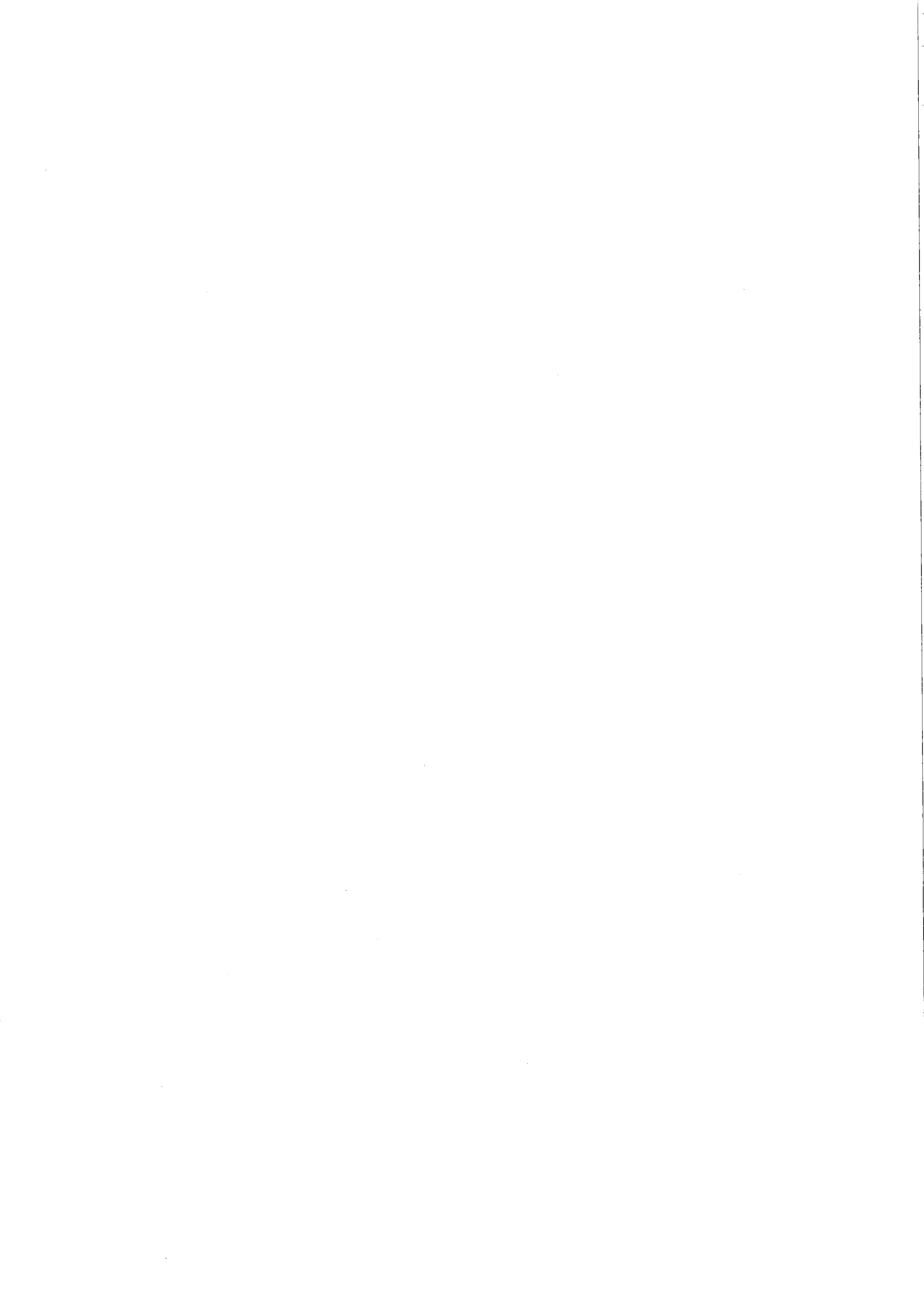
Denne rapporten er en bearbejdet versjon av min hovedoppgave i sosialøkonomi, ved Institutt for Økonomi, Universitetet i Bergen. Under arbeidet med oppgaven har jeg hatt studieplass ved Chr. Michelsens Institutt. Jeg takker for utmerkede arbeidsforhold, og spesielt vil jeg takke biblioteket ved CMI for hjelpen med å få tak i litteratur.

Jeg ønsker å takke for all veiledning og støtte i forbindelse med arbeidet. Spesielt vil jeg takke Odd-Helge Fjeldstad som har lært meg mye om korrupsjon og kommentert arbeidet mitt, og Professor Sjur D. Flåm som har vært min hovedveileder ved Institutt for Økonomi. En spesiell takk fortjener også min mann Olav Roald Hansen for all hjelp og støtte, og Bjørn Bakke som har lest korrektur på oppgaven. Jeg vil også takke Professor Karl Ove Moene, for gode kommentarer og forslag til videreføring av studiet.

Bergen, februar 2000

Tina Søreide





## Innledning

---

*Tema* for dette arbeidet er som tittelen sier – bruk av dynamisk modellering og simulering i økonomiske analyser. Det handler om hvordan en statisk modell kan videreutvikles til å bli dynamisk, og analyseres ved simulering.

Arbeidet har utgangspunkt i en modell av multiple korrupsjonslikevekter som er utviklet av Jens Chr. Andvig og Karl Ove Moene. Modellen blir presentert i Kapittel 3. Den handler om byråkratisk korrupsjon, og forklarer hvordan korrupsjon lett blir selvforsterkende. I en situasjon med *lite* korrupsjon er det vanskelig å finne noen å bestikke. Samtidig er risikoen for å bli oppdaget stor. Dette begrenser både tilbud og etterspørsel. I en situasjon med *noe* korrupsjon er det lettere for etterspørerne å finne en korrupt byråkrat. For byråkratene reduseres sjansen for å bli tatt når også flere andre er korruperte. Med høyere korrupsjon går den forventede straffen ned. Dette kan forklares med at den som blir tatt lettere kan bestikke seg ut av uføret. Når graden av korrupsjon er selvforsterkende på denne måten, vil korrupsjonsnivået stabilisere seg i en av flere likevekter, der likevektene representerer ulike korrupsjonsnivå. Andvig og Moene forklarer på denne måten at korrupsjonens omfanget kan bli vidt forskjellig i land som ellers er ganske like<sup>1</sup>.

Korrupsjon som begrep, samfunnsproblem og forskningsobjekt blir diskutert i Kapittel 2. For å forstå korrupsjon og hvordan det kan bekjempes, er det behov for kunnskap om problemets omfang. En internasjonal organisasjon, Transparency International, lykkes langt på vei med å gi slik informasjon. Empiriske data om korrupsjon er likevel svake fordi alle inkluderte parter i en korrupt transaksjon har insentiver til hemmelighold. Analytiske metoder kan derfor være særlig hensiktsmessig på dette området.

Andvig og Moenes modell forklarer *endring i korrupsjonsnivå over tid*. Den er imidlertid en *statisk* fremstilling, og kan derfor ikke gi en fullstendig forklaring på dynamikken i modellen. For å forstå hvilke mekanismer som fører korrupsjonsnivået fra en likevekt til en annen, er *dynamisk analyse* en egnet tilnærming. I Kapittel 1 er sentrale trekk ved dynamisk analyse forklart, og anvendelse innen økonomi er drøftet.

---

<sup>1</sup> Ref. Moene (1993)

Dynamiske metoder kan gjøre det mulig å fastslå hvor mange *likevekter* modellen har, om noen av dem er *stabile*, under hvilke *rammevilkår* en likevekt blir nådd, *når* likevekten blir nådd, og hvordan nivået utvikler seg når det er *utenfor* likevekt. I det hele tatt kan dynamisk analyse gi en langt mer omfattende forståelse for hvordan noe endrer seg i tid, enn hva som er oppnåelig med statiske metoder. En slik analyse kan bli utført på alternative måter. I dette arbeidet blir den gjort med *numerisk løsning* og simulering ved hjelp av programmet Powersim.

For å kunne simulere en modell og gjøre en dynamisk analyse, må også modellen være dynamisk. Andvig og Moene sin modell måtte derfor videreutvikles. Som dynamisk er den én-dimensjonal, autonom og ikke-lineær. Modelleringen er presentert i Kapittel 4.

Fra utgangspunktet er det stokastiske variabler både på tilbuds- og etterspørselssiden i modellen. Disse variablene følger *sannsynlighetsfordelinger*. For å skjønne hva selve valget av sannsynlighetsfordeling har å si i modellen, er den utviklet med alternative fordelinger. Det gir mulighet til å undersøke flere kombinasjoner av sannsynlighetsfordelinger for de stokastiske variablene.

Tilsvarende er *forventningsdannelse* et tema både i modellutviklingen og simuleringene. Før en eventuell korrumpert transaksjon, estimerer aktørene nivåene på bestikkelse og korrupsjon for å beregne fortjeneste og kostnader. Som forventningsdannelse foreslår Andvig og Moene at aktørene antar at nivåene holder seg på nivå som i perioden før. I Kapittel 4 er også andre typer forventningsdannelse foreslått. Betydningen av selve valget av estimeringsmetode for aktørene i modellen, er drøftet og analysert ved simulering i Kapittel 5.

Det siste kapittelet er viet diskusjon om arbeidet. Forskjeller på den statiske og den dynamiske versjonen av modellen blir påpekt, hensikten med videreutviklingen blir drøftet og alternative videreføring er foreslått.

# 1. Dynamisk analyse

---

Begrepet *dynamikk* stammer fra det greske ordet *dynamis* som betyr *kraft*, og representerer *læren om legemers bevegelse og de bevegende kreftene*. Denne læren innbefatter også et dynamisk systems eventuelle tilbøyelighet til å konvergere mot *likevekter*. I *økonomi* blir dynamikk begrepet brukt om hvordan ulike typer markeder utvikler seg som følge av markedskreftene. Økonomien er *dynamisk* ved at dagens hendelser er påvirket av *tidligere* hendelser,  $y_t = f(y_{t-1})$ , eller at økonomiske aktører handler i tråd med forventninger om *fremtidige* hendelser,  $y_t = g(E(y_{t+1}))$ . *Dynamisk analyse* er en metode som tillater *endring i tid*, og er et nyttig verktøy for å forstå avhengighet mellom variable som ikke faller sammen i tid.

Dette kapitlet er en kort og muntlig innføring i metoden. Hensikten er å klargjøre begrep som blir brukt i Kapittel 5 og 6, å begrunne videreutvikling av en modell fra å være statisk til å bli dynamisk, og dessuten å forklare behovet for stabilitetsanalyse.

*Med et historisk tilbakeblikk på metoden* blir det klart at gjennombruddet i beskrivelsen av dynamikk skjedde på 1600-tallet da Galilei introduserte bruk av matematikk for å forklare bevegelse, og spesielt da Newton formulerte gravitasjonsteorien og dynamikkens grunnlover. Teorien ble forbedret på 1700-tallet av d'Alembert, Euler og Lagrange. Først på 1800-tallet ble dynamikk og teorier om stabilitet brukt for å forstå *økonomi*. Sentrale økonomer i denne sammenhengen er Cournot, Walras og Marshall. De brukte blant annet differensialligninger, numerisk løsning og sannsynlighetsregning. Metodene ble videreutviklet på 1900-tallet av blant andre Hicks og Samuelson, stabilitetsanalyse spesielt av Arrow på 1950-tallet.

I det økonomiske fagmiljøet har det siden den tid vært stadig mer fokus på dynamikken i økonomiske systemer, og særlig på makroøkonomiske vekstmodeller.

---

Galilei (1638) *Dialogue concerning two new sciences*, Newton (1687) *Principia*, d'Alembert (1743) *Traité de dynamique* og (1744) *Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides*, Euler (1755) *Institutiones calculi differentialis*, Lagrange (1788) *Mecanique analytique*, Cournot i diverse utgivelser fra 1838 til 1877, Walras, spesielt i (1877) *Elements*, Marshall; f.eks. (1890) *Principles...* (1.utg.), Hicks f.eks. i (1939) *Value and Capital* eller (1983) *Collected Essays II, nr.18*, Samuelson; spesielt (1947) *Foundations...*, Arrow; flere utgivelser om stabilitetsanalyse i 1958.

Dynamisk analyse har etterhvert fått en sentral plass i moderne økonomi. Med tilgang til stadig økende regnekraft og informasjon åpner det seg store muligheter til systematisk analyse av sammenhenger innen økonomi. Dermed kan også bedre prognoseverktøy bli utviklet.

### Metode og begrepsbruk

Frisch og Samuelson har definert et *dynamisk system* slik: ” *A system is dynamical if its behaviour over time is determined by functional equations in which variables at different points of time are involved in an essential way*”.

”*Functional equations*” er ligningsett med funksjoner som ukjente.

Sentralt i en dynamisk modell er sammenhenger om hvordan det som skjer på ett tidspunkt, påvirker det som skjer på senere tidspunkt. Som norm blir slike sammenhenger beskrevet med *differensialligninger*,  $\dot{x}(t) = f(x(t))$ . En differensialligning er annerledes vanlige algebraiske ligninger fordi *variablenes deriverte* inngår i ligningen. Differensialligninger beskriver system som *kontinuerlig* i tid, noe som betyr at tidsstegene er uendelig små.

Ved behov for å for å benytte tidssteg av endelige størrelser, blir systemet betegnet som *diskret*. Dette er for eksempel tilfelle ved numerisk løsning av differensialligninger. Tidssteg beskriver tiden som går fra en variabel endrer seg til det eventuelt skjer en ny endring. Det kan være en dag eller et år, men det trenger ikke å være knyttet til kalendertid. Diskrete dynamiske systemer blir beskrevet med *differensligninger*,  $x(t+1) = g(x(t))$ , der de deriverte erstattes med endelige differenser i variabelverdiene mellom ulike tidssteg. Tidsstegene bør være *korte nok* til å få med alle endringer som er av betydning for de sammenhengene det er ønske om å beskrive.

Ofte inngår *tid* eksplisitt som en variabel i ligninger som beskriver et dynamisk system, hvis *ikke* er systemet *autonomt*. Det har like fullt en utvikling over tid, men tidspunkt i seg selv er uten betydning.

### **Løsning og likevekt**

Løsningen på et dynamisk optimeringsproblem er annerledes enn den et statisk problem har. Når problemet er *statisk*<sup>2</sup>, er parametrene konstanter, og løsningen vil normalt være en angivelse av valgvariablenes tallverdi for definerte parametre. En *dynamisk* modell kan derimot ta hensyn til tidsvariasjoner i parametrene, og dermed også ha en løsning som varierer over tid.

*Hva løsningen er* avhenger naturligvis av problemet. Hvis problemet er å finne det *optimale* forholdet mellom variabler, er løsningen ofte en *likevekt* og metoden blir kalt *dynamisk optimering*. En *likevekt* er karakterisert ved at variablene ikke endrer seg når likevekten først er nådd. Eksempler på likevekt som løsning kan være en sammenheng mellom arbeidsledighet og inflasjon, et forhold mellom fiskebestand og fangstomfang, eller et likevektsnivå for økonomisk vekst. Det er også dynamiske systemer hvor likevekt *ikke* er en ønsket tilstand. Et eksempel på dette kan være børsaktivitet.

Ofte er målet med en dynamisk analyse å *forstå hvordan* noe utvikler seg, om systemet utvikler seg mot en likevekt, om det går mot  $\pm\infty$ , eller om utviklingen er *periodisk* og følger en syklus. Mens det i en statisk analyse er et ensidig fokus på likevektsbildet, er muligheten for å si noe om systemet når det *ikke* er i likevekt en av fordelene med dynamisk analyse.

### **Stabilitetsanalyse**

Ligninger som karakteriserer et dynamisk system lar seg i enkelte tilfeller løse eksakt analytisk, og løsningen blir da *eksplisitt*. I andre tilfeller er ikke det mulig, og målet med analysen blir i så tilfelle å bli kjent med systemets *kvalitative egenskaper* på annet vis. I en *stabilitetsanalyse* studeres egenskaper som konvergens, antall likevekter, stabilitet, og betydningen av initielle verdier.

En *likevekt* er *stabil* hvis variablene ikke endrer seg når likevekten først er nådd. Likevekten er *lokalt* stabil hvis konvergens mot likevekten er betinget av at systemet allerede befinner seg i nærheten av likevekten, og den er *globalt*, eller asymptotisk,

---

<sup>2</sup> Begrepet *statisk* kommer fra *statikk*, som er den del av mekanikken som behandler betingelsene for at en gjenstand skal være i ro når krefter virker på den. *Komparativ statikk* er å sammenligne en initiell likevekt med en likevekt som oppstår etter en parameterendring.

stabil hvis konvergens er uavhengig av initielle verdier. Selve *systemet* blir kalt stabilt hvis små forstyrrelser i initialbetingelsene ikke har varig effekt, men dør ut etterhvert. Hvis de *ikke* dør ut, men derimot får betydning for en karakteristikk av systemet, er systemet *ustabilt* – eller *kaotisk*.

*Stabilitetsegenskaper* ved en økonomisk modell bør være undersøkt og forstått før modellen blir brukt til å gi innsikt i hvordan et økonomisk system fungerer. Uten forståelse for konvergens er det vanskelig å vite om et system er ustabilt eller om det vil forbli i en likevekt. Tradisjonelt har komparativ statikk ofte vært den eneste analysen av økonomiske modeller. Anvendt på et system som er fullstendig ustabilt, vil komparativ statikk imidlertid bare gi tilfeldige resultater.

*Hvordan* stabilitetsanalysen blir utført er avhengig av hvordan systemet er karakterisert. Hvis systemet har en eksplisitt løsning, kan stabilitetsanalysen være analytisk og basert på matematiske bevis. Hvis systemet ikke kan løses analytisk, er et alternativ å bruke en *numerisk metode*.

### ***Numerisk løsning og simulering***

En numerisk metode vil etterligne et dynamisk system, og kan gi en god tilnærming. Dynamikken blir karakterisert ved å teste modellen med verdier for de ulike variablene. Ved å variere verdiene er det mulig å få en forståelse for systemets egenskaper.

Fordi det er umulig å gjøre uendelig antall utregninger, vil ethvert dynamisk system være *diskret* ved numerisk løsning. Med tilstrekkelig antall iterasjoner kan det likevel være mulig å forstå hvordan systemet utvikler seg i *kontinuerlig* tid.

En form for numerisk løsning er *simulering*. Å simulere en dynamisk modell er å etterligne en utvikling som skjer over tid. Modellen beskriver hvordan utviklingen foregår og hvordan variabler påvirker hverandre. Simulering er *suksessive iterasjoner*. Et sett variable får i hvert tidssteg tilordnet nye verdier i henhold til den modellerte dynamikken og basert på eksisterende verdier. Ved konvergens går endringen fra et tidssteg til et annet mot null.

Simulering kan gi økt forståelse for mekanismene i modellen og dermed den virkeligheten modellen skal beskrive. På kort tid er det mulig å beregne de samlede effektene av en parameterendring eller bruk av en alternativ påvirkningskanal. Det er mulig å konstatere eventuelle likevekter, studere stabiliteten deres og fastslå betydningen av initielle verdier. Simulering er med andre ord velegnet for å utføre stabilitetsanalyse.

### ***Stabilitetsanalyse av lineære system***

Økonomer forenkler ofte modeller ved å forutsette at ligningene i modellen kan uttrykkes på *lineær form*. Det er en antagelse som kan påvirke resultatene av en stabilitetsanalyse betydelig. Et lineært system kan bare ha *én, ingen* eller *uendelig* mange likevekter, der tilfellet med *én* likevekt er krysningpunktet mellom linjer. I et *ikke-lineært* system kan antallet likevekter også være *mellom én* og *uendelig*. Og når en ganske liten parameterendring *ikke* vil gi kvalitative utslag i et lineært system, kan effektene være dramatiske i et ikke-lineært system. Å anta lineæritet kan redusere modellens verdi fordi antall likevekter kan bli påvirket, fordi modellens prediksjon av parameterendringer kan forverres, og fordi ikke-lineære sammenhenger ofte er mer sannsynlig enn lineære.

### ***Stokastiske variabler i økonomi***

Både de statiske og de dynamiske metodene som brukes innen økonomi er stort sett hentet fra realfag hvor metodene i mange tilfeller kan gi entydige svar. Økonomiske modeller handler om mennesker, og mennesker kan handle annerledes enn forutsatt. På den måten kan de påvirke de *vilkårene* det blir optimert under, eller som forenkler modellen. Det er likevel hensiktsmessig å bruke metoder fra realfag innen økonomi, men her gir de ikke like klare resultater.

Det er som kjent umulig å predikere atferd nøyaktig, og modellens etterligning av virkeligheten kan alltid bli kritisert når modellen handler om menneskers valg. Et hensyn til denne svakheten innen økonomi er å akseptere atferd *både* som rasjonell og tilfeldig, og diskutere *sannsynligheter* for atferd. Atferd kan på den måten bli knyttet til en *stokastisk* variabel som følger en sannsynlighetsfordeling. Med stokastiske variabler blir modellen beskrevet som *probabilistisk*, i motsetning til *deterministisk*.



Det er mulig å gjøre en probabilistisk modell enda mer realistisk ved såkalt *Monte-Carlo-simulering*. I en slik simulering blir verdien på en stokastisk variabel *trukket tilfeldig* et stort antall ganger fra en sannsynlighetsfordeling. Basert på statistikk er det så mulig å beregne sannsynligheter for ulike utfall.

Generelt kan valg av sannsynlighetsfordeling for en stokastisk variabel være helt avgjørende for modellens prediksjon og dens kvalitative egenskaper. Det er derfor viktig å gjøre et realistisk valg av sannsynlighetsfordeling.

---

De fleste begrepene i dette kapittelet har *formelle definisjoner*, men de er oftest ulike for differensligninger og differensialligninger. En oversikt er å finne i de fleste formelsamlinger, f.eks. Berck og Sydsæter (1992), i bøker om differensialligninger, f.eks. Brock & Malliaris (1989), eller om differensligninger, f.eks. Elaydi (1996).

Korrupsjonsmodellen, slik den er videreutviklet i Kapittel 4, er en *ikke-lineær, autonom, kontinuerlig og probabilistisk* dynamisk modell i *én dimensjon*. *Stabilitetsanalyse* blir utført ved hjelp av *numerisk metode og simulering* i Kapittel 5.

## 2. Korrupsjon

---

Temaet korrupsjon står i dag høyt på den internasjonale dagsorden. Utstrakt korrupsjon blir i økende grad oppfattet som et hinder for økonomisk, politisk og sosial utvikling i fattige land. Tiltak mot korrupsjon er derfor prioritert av internasjonale utviklingsorganisasjoner som Verdensbanken, IMF og FN.

”Alle vet” hva korrupsjon er, men å operasjonalisere begrepet kan likevel være vanskelig. En mye benyttet definisjon er *misbruk av offentlig posisjon til privat fordel*<sup>1</sup>. Denne beskrivelsen er enkel, og fanger opp mange av begrepets kjennetegn - som for eksempel bestikkelser i forbindelse med tildeling av kontrakter, forfordeling av stillinger til familie og venner, og svindel med offentlige midler. Etter omfang kan korrupsjon inndeles i tre hovedgrupper, (jfr. Johnston, 1998; Amundsen, 1999).

- *Individuell*: Enkeltpersoner faller for fristelsen til å ta i mot bestikkelser.
- *Institusjonell*: Problemet er knyttet til en del av et byråkrati eller institusjon.
- *Systematisk*: Å betale bestikkelser er regelen fremfor unntaket - korrupsjon gjennomsyrrer samfunnet og har nådd et kleptokratisk nivå.

Korrupsjon er ulovlig, men i mer eller mindre grad forekommer det i alle land. Det kan forekomme i de fleste institusjoner, men noen har vist seg mer sårbare enn andre, for eksempel toll- og skatteetater, trygdekontor, politi og domstoler, etater med ansvar for tildeling av byggetillatelse, utslippstillatelse og lignende reguleringer.

### ***Korrupsjon som samfunnsproblem***

Omfattende korrupsjon medfører at spillereglene i samfunns- og næringslivet ofte blir uklare. Som eksemplene nedenfor viser, kan dette ha en rekke uheldige konsekvenser.

---

<sup>1</sup> Denne definisjonen blir brukt bl.a. av Verdensbanken og Transparency International. Selv om definisjonen i prinsippet fanger opp det vi forbinder med korrupsjon, kan det likevel være vanskelig å definere en praksis som korrupsjon. Det er for eksempel et flytende skille mellom korrupsjon og økonomiske konsekvenser av enkelte former for ”networking”, f.eks. frimurerlosjer og vernetjenester. Slike tjenester er ikke uvanlige i vårt eget samfunn, men blir sjelden betegnet som korrupsjon. Om definisjoner, se Amundsen (1999).

- Viktige politiske valg kan bli farget av hva som gir politikere eller byråkrater en personlig fordel (jfr. Tanzi & Davoodi, 1997). For eksempel kan det å kanalisere offentlige midler til kapitalintensive infrastrukturer istedetfor utdanning, være privatøkonomisk lukrativt, men samfunnsøkonomisk svært uheldig (Mauro, 1998).
- Ifølge Gupta et al. (1998), kan omfattende korrupsjon føre til økte inntektsforskjeller i et land, og på den måten forverre velferden til den fattigere delen av befolkningen.
- Rekruttering av folk til sentrale maktposisjoner (eller studieplasser) kan bli gjort etter andre vurderinger enn kvalifikasjoner. Dette kan påvirke arbeidskraftens kvalitet, samt insentiver til å ta utdanning.
- Noen studier tyder på at utenlandske investorer kan bli demotivert av uforutsigbare krav om bestikklser (Mauro, 1995; Campos et al., 1999; Okeahalam & Bah, 1998).
- Korrupsjon i form av bestikklser kan også påføre innenlandsk næringsvirksomhet ekstra kostnader. Rose Ackerman & Stone (1996) argumenterer for at små bedrifter betaler relativt mer i bestikklser enn hva store firma gjør.
- Effektiviteten av utenlandsk bistand kan bli redusert fordi midlene blir brukt på tiltak som har lav samfunnsøkonomisk avkastning, og/eller fordi midlene forsvinner i noens lommer (Robinson, 1998)<sup>2</sup>.
- Miljøet kan ta skade av at forurensningsbeskyttende reguleringer blir oversett. Videre kan kvaliteten på bygnings - og andre konstruksjoner være dårlige fordi det er mulig å bestikke seg unna offentlig kontroll (Rose-Ackerman, 1999).
- Omfattende korrupsjon kan bidra til å undergrave folks tillit til myndighetene, og generelt føre til lavere respekt for gjeldende lovverk. Både byråkratisk og politisk korrupsjon er derfor å betrakte som trusler mot demokratiet (Robinson, 1998).

En rekke økonometriske studier konkluderer med en sammenheng mellom korrupsjonsnivå og økonomisk utvikling (Mauro, 1995; Tanzi, 1998; Wei 1999). Det

---

<sup>2</sup>Det ville være naturlig å anta at høy-korrupte land som en form for sanksjon, mottar mindre bistand enn andre land. Alesina & Weder (1999) har gjort et studie på dette, men finner ikke en slik sammenheng.

er imidlertid flere eksempler på at land med omfattende korrupsjon kan ha betydelig økonomisk vekst (som Sør-Korea, Thailand og Indonesia frem til siste halvdel av 1990-tallet). Hverken årsaks-virkning forholdene eller korrelasjonen mellom korrupsjon og vekst er uten videre opplagte - fordi korrupsjon bare er én av en rekke faktorer som påvirker vekst (jfr. Fjeldstad, 1999b; Khan, 1998).

### ***Korrupsjon - et utfordrende forskningstema***

Det ligger i sakens natur at korrupsjon er et fenomen som det er vanskelig å måle. Siden korrupsjon er ulovlig, vil de involverte parter som regel forsøke å hemmeligholde transaksjonen. Fordi vi ikke kjenner korrupsjonens omfang, kan vi heller ikke se en klar utvikling i *korrupsjonsnivået* i en institusjon eller i et land. Uten viten om *når* nivået stiger eller synker, er det vanskelig å teste hypoteser empirisk, og videre få kunnskap om hvordan korrupsjon øker i omfang eller kan begrenses. De senere årene har ulike fagdisipliner likevel satt søkelys på korrupsjon, og metodene som blir brukt varierer over et vidt spekter.

### *Empiriske studier*

Spesielt etter 1995 er det blitt gjort en rekke empiriske studier for å få kunnskap om konsekvenser av korrupsjon i ulike land eller i bestemte institusjoner. Videre har det blitt laget indekser for å rangere og sammenligne omfanget av korrupsjon mellom ulike land. En av de mest kjente indeksene i dag er *Transparency International*<sup>3</sup> sin *Corruption Perception Index* (CPI). Denne indeksen rangerer land etter korrupsjonsomfang. Korrupsjonsnivået blir bestemt ut fra oppfatninger blant ansatte i multinasjonale selskap, politiske observatører og publikum generelt i det enkelte land. Respondentenes oppfatninger kan imidlertid være preget, for eksempel av hvordan korrupsjon blir fremstilt i massemedia. Antallet respondenter er dessuten varierende, noe som også kan påvirke rangeringens presisjon. På grunn av vanskene med å definere et korrupsjonsnivå, samt insentivene til hemmelighold vil slike rangeringer ha ytterligere svakheter.

I statistiske studier for å beskrive sammenhengen mellom korrupsjon og andre faktorer, er en variabel for korrupsjon som regel basert på slike indekser. Selv om

---

<sup>3</sup>Eksempler på andre korrupsjonsindekser er *Business International (BI) Index*, *International Country Risk Guide Index* (ICRG), og *Global Competitiveness Report Index*.

indeksene har svakheter, er det ofte det beste alternativ å bruke disse<sup>4</sup>. Dette gjør blant andre Paulo Mauro (1995, 1997) i studier av hvordan korrupsjon påvirker økonomisk vekst, og Gupta et al. (1998) som analyserer sammenhengen mellom korrupsjon og inntektsforskjeller. Lambsdorff (1998) har forsket på bestikkelser i internasjonal handel ved å studere ulike lands handelssamkvem med høy-korruperte samfunn<sup>5</sup>.

Blant forskere er det stor enighet om enkelte av sammenhengene som er statistisk definert, for eksempel korrelasjonen mellom 'korrupsjon og økonomisk vekst', 'korrupsjon og demokrati' eller 'korrupsjon og inntektsforskjeller'. Hva som er årsak og hva som er konsekvens, gir imidlertid de empiriske studiene ikke et entydig svar på, (jfr. Robinson, 1998; Rose-Ackerman, 1999; Amundsen 1999; Fjeldstad, 1998). Forståelsen for hvordan ulike faktorer virker på omfanget av korrupsjon er fortsatt mangelfull.

Mye av den empiriske forskningen på korrupsjon bruker hverken indekser eller statistikk, men gir beskrivelser av korrupsjon i en institusjon eller et land, og forslag til hvordan problemet kan begrenses. Et sentralt eksempel er Klitgaard (1988), som viser hvordan en "gjennomkorrupert" skatteetat på Filippinene ble reformert og, for en periode, oppnådde et lavt nivå på korrupsjon<sup>6</sup>.

Slike "case-studies" gir ikke alltid generell kunnskap om korrupsjon, men de kan bidra til bekreftelse av generelle teorier og gi forståelse for "korrupsjonens natur". Spesielt nyttig kan det være å sammenligne enkeltstudier og vurdere om mekanismer som kan forklare korrupsjon i et tilfelle, også gjelder i et annet.

### *Teoretiske studier*

Som forklart, er den informasjonen vi har om korrupsjon usikker. Dataene som er presentert ved indekser er dessuten aggregerte. Dette gjør det vanskelig å forstå

<sup>4</sup> Transparency International er bevisst svakhetene og forbedrer stadig metodene bak indeksen. Forbedringer i disse metodene kan imidlertid påvirke selve rangeringen, uten at det faktiske nivået i land som får en ny rangering er endret.

<sup>5</sup> I 1999 offentliggjorde Transparency International en *Bribe Payers Indeks* (BPI) basert på bl.a. Lambsdorffs studie.

<sup>6</sup> Andre "case-studies" med beskrivelse og forslag til bekjempelse, er Robert Wade (1982, 1984) om korrupsjon i India; Ruzidana, Langseth & Gakwandi (1998) om korrupsjon i Uganda; og Good (1994) om korrupsjon i Botswana. For en kritisk gjennomgang av empirisk forskning på korrupsjon, se Lambsdorff (1999).

*hvordan* ulike faktorer påvirker korrupsjonsomfanget. Teoretiske studier - som å *modellere* sammenhenger, prøve å forstå *insentiver* analytisk, *simulere* spillet mellom aktører, og generelt bruke *alternative metoder* for å analysere hvordan ulike faktorer påvirker korrupsjon - kan derfor være særlig hensiktsmessig på dette området, (ref. Besley & McLaren, 1993; Olsen & Torsvik, 1998; Chand & Moene, 1999).

Khan (1998) argumenterer for at økonomer og statsvitere har hatt ulike fokus i sine studier av korrupsjon. Mens økonomer har vært opptatt av økonomiske insentiver, har statsvitere fokusert på politisk regime og maktstrukturer. Bedre forståelse av korrupsjon kan, ifølge Khan, oppdrives ved å kombinere disse innfallsvinklene, slik han selv gjør for å forklare økonomiske effekter av korrupsjon i Asia. Det kan også være fruktbart å kombinere en økonomisk forståelse av insentiver med andre perspektiver, for eksempel fra økonomisk psykologi. Et eksempel på dette er Tirole (1996), som forklarer hvordan holdningen til korrupsjon i en gruppe dannes og vedlikeholdes<sup>7</sup>.

---

### ***En analyse av korrupsjonsnivå***

Arbeidet som presenteres i denne rapporten, har utgangspunkt i problemene med å få empirisk kunnskap om korrupsjonens omfang. Ved hjelp av en teoretisk modell, blir korrupsjonsnivået, f.eks. i en offentlig institusjon, forklart som en balanse mellom tilbud og etterspørsel etter korrupte tjenester. Hvordan korrupsjonsnivået utvikler seg, og hvorvidt det er korrupperende, blir studert ved å simulere modellen.

I modellen blir omfanget av korrupte transaksjoner påvirket av faktorer som trolig har reell betydning for korrupsjonsnivået<sup>8</sup>:

---

<sup>7</sup> Dette er egentlig om holdninger generelt, men med henvisning til korrupsjon. Tirole forklarer at korrupsjonsnivået i en organisasjon kan vedlikeholdes fordi nye medlemmer i en gruppe adopterer allerede eksisterende holdninger i gruppen.

<sup>8</sup> Det er mange faktorer som innvirker på korrupsjon. I denne modellen er ikke alle representert, blant annet fordi modellen forklarer korrupsjon kun i en mikro-økonomisk sammenheng. En oversiktlig beskrivelse av årsaksforhold generelt gir Fjeldstad (1998, 1999), og mer omfattende Rose-Ackerman (1999).

- *Eksisterende korrupsjonsnivå og forventninger om utviklingen*

Hva nivået er, påvirker antagelser om risiko, sannsynlighet for å finne en motpart i en korrupt transaksjon, samt holdninger til korrupsjon. Det er grunn til å tro at et høyt korrupsjonsnivå kan fostre mer korrupsjon, mens et lavt nivå kan vanskeliggjøre utvikling mot et høyere nivå.

- *Bestikkelsens størrelse*

Jo høyere bestikkelsen er, desto større er fortjenesten til de som tilbyr korruperte tjenester. Men en høyere bestikkelse medfører samtidig en høyere kostnad for de som betaler og dermed en redusert etterspørsel. Hvordan denne prisen påvirker omfanget av korrupsjon, er trolig varierende og avhengig av forhandlingsstyrken til aktørene i den korruperte transaksjonen.

- *Personlige kostnader ved å være korrupt*

Aktører har normalt kostnader ved å være korruperte. Korrupsjon er ulovlig. Aktører kan oppleve både moralske kostnader ved å begå en kriminell handling og sosiale kostnader i form av reaksjoner fra venner og familie. Slike kostnader kan trolig være vel så betydelige som de rent økonomiske kostnadene.

- *Fordelen for private aktører ved å bestikke en byråkrat*

Fortjenesten en etterspørter oppnår ved å bestikke, er ikke nødvendigvis korrelert med kostnaden for tilbydereren. Det trenger heller ikke å være noen sammenheng mellom bestikkelsen og denne fortjenesten. Likevel er det rimelig å anta at oppnåelig fordel ved å bestikke er av betydning for hvor mye aktører velger å bestikke.

- *Lønnsnivå*

En lønn for lav til å leve av gir klare insentiver til korrupsjon, jfr. Rijkeghem & Weder (1997). Hvis lønnen er lav i et byråkrati sammenlignet med andre sektorer, kan dette dessuten føre til at i hovedsak uærlige personer søker jobb i byråkratiet. Årsaken er at disse budsjetterer *ex ante* med korrupsjonsinntekter i den aktuelle stillingen (ugunstig utvalg).

- *Sannsynligheten for å bli tatt og straffet som korrupt*

Som for andre kriminelle handlinger, vil straffenivået påvirke valget om å være korrupt eller ikke. Sanksjoner må for øvrig sees i sammenheng med kontroll. Er

straffen ubetydelig, gjør det ikke så mye å bli avslørt. Og hvis sannsynligheten for å bli tatt er svært lav, vil et høyt straffnivå være av mindre betydning.

- *Transaksjonskostnader forbundet med å bestikke eller ta imot bestikkelser*

Ved lite utbredt korrupsjon, er det vanskelig å kreve bestikkelser eller å finne noen å bestikke, siden *transaksjonskostnadene* da er høye. *Lave* kostnader av denne typen vil derimot være forbundet med et *høyt* korrupsjonsnivå. Disse nivåene kan derfor påvirke hverandre omvendt proporsjonalt. Denne sammenhengen er en av mekanismene som gjør at korrupsjon trolig korrupperer.

I modellen blir aktørene individualisert ved sannsynlighetsfordelinger. Valg av fordelinger kan i denne sammenhengen tolkes som antagelser om hvordan holdninger til korrupsjon er fordelt.

En dynamisk versjon av modellen blir som nevnt simulert for å forstå hvordan korrupsjonsnivået utvikler seg over tid og eventuelt konvergerer mot en likevekt. Ved hjelp av simulerings-verktøyet blir det tydelig hvordan modellen predikerer at de ulike faktorene virker på korrupsjon, og hva likevektsnivået er under ulike betingelser. Å kjenne mekanismene som påvirker korrupsjon, er et viktig utgangspunkt for å forstå hvordan korrupsjon kan begrenses.



### 3. "How Corruption May Corrupt"

---

#### 3.1 Modellen

Modellen som er utgangspunktet for dette arbeidet, er hentet fra Andvig og Moene sin artikkel "How Corruption May Corrupt" (1990). Den handler om *byråkratisk* korrupsjon som er *økonomisk motivert*, og den forklarer hvordan korrupsjonsnivået utvikler seg. En sentral hypotese er at ulike nivå på korrupsjon kan oppstå for samfunn med den samme sosioøkonomiske struktur, fordi utvikling i korrupsjonsnivået er avhengig av hvor mye korrupsjon som finnes initielt.

Som nevnt i Kapittel 2, er det vanskelig å finne en entydig definisjon på begrepet korrupsjon. Andvig og Moene definerer korrupsjon på følgende måte: "*A member of a public organization acts in a corrupt way if he directly or indirectly deals with a non-member and uses the organization's resources, including his decision making power and special information, to acquire payment that is against the rules of the organization or against the law.*"

Modellen er en tilbuds- og etterspørselsmodell, og den forklarer *likevektsnivå* for korrupsjon. Nivået blir definert som befolkningsandelen som velger å være korrupt i én periode, for en gitt bestikkelse og et gitt etterspørselsnivå. I sine beregninger *forventer* både etterspørrere og byråkrater at nivåene på korrupsjon og bestikkelse i en aktuell periode, blir *de samme* som i perioden før.

Etterspørrerne er *private aktører* som hver enkelt vurderer personlig fortjeneste og kostnad, før de eventuelt prøver å bestikke en tjenestemann. For å bestikke må en aktør<sup>1</sup> lete etter en korrupt byråkrat, noe som innebærer en *letekostnad*. Denne kostnaden er lav når det er lett å finne en som er villig til å utføre tjenester mot bestikkelse, og derfor omvendt proporsjonal med korrupsjonsnivået.

---

<sup>1</sup> Private aktører er ikke bare enkeltpersoner, men også bedrifter eller organisasjoner.

Hver *byråkrat* tar i betraktning sin *personlige kostnad* ved å tilby én korrupt tjeneste,  $c_i$ , og velger å være korrupt eller ærlig utifra hva som gir størst personlig nytte. Byråkratens kostnad består av potensielt fremtidig inntektstap, eventuelle kostnader ved å utføre transaksjonen og personlige kostnader<sup>2</sup>.

Korrupte tjenester er *homogene*, hver byråkrat gjør *en* transaksjon i hver periode,  $t$ , og har i hver transaksjon valget mellom å være korrupt eller ikke. Både antallet byråkrater og etterspørere er normalisert til 1. *Korrupsjonsnivået* i én periode er dermed likt *både* andelen korrupte byråkrater og andelen korrupte transaksjoner i perioden. Nivået er beskrevet med variabelen  $y \in [0,1]$ , og  $1-y$  viser andelen ærlige byråkrater.

I modellen mottar alle byråkratene *samme lønn*,  $w$ , per periode. Hver enkelt vurderer en *uendelig tidshorison*, og *neddiskonterer* fremtidig inntekt med faktoren  $\beta=1/(1+r)$ , der  $r$  er rente.

En korrupt byråkrat blir oppdaget med en *eksogent bestemt sannsynlighet*,  $s$ . Hvis byråkraten blir avslørt, har det betydning om pågriperen er en ærlig eller korrupt kollega. Er denne ærlig, mister den korrupte byråkraten jobben og bestikkelsen konfiskeres. Er også pågriperen korrupt, kan den som blir oppdaget betale en ny bestikkelse,  $B$ , for å komme seg ut av uføret. Andvig og Moene diskuterer alternative definisjoner av  $B$ , men velger å la  $B$  være lik det generelle bestikkelsesnivået,  $b$ . En byråkrat som generelt velger å være korrupt til bestikkelsen  $b$ , aksepterer også denne prisen for å la være å rapportere sin kollega.

### ***Etterspørsel***

Private aktører ønsker å bestikke en byråkrat hvis de forventer at det vil gi dem en fordel.  $P_j$  er *forventet profitt* ved å kjøpe korrupte tjenester, og bare aktører med  $P_j > 0$  ønsker å foreta en slik handel.  $P_j$  er definert som i Ligning (1)<sup>3</sup>.

$$P_j = \pi_j(b) - q_j/y \tag{1}$$

<sup>2</sup> Dvs. moralske kostnader og stigmakostnader (sosiale sanksjoner) ved å være korrupt.

<sup>3</sup> I dette kapittelet er ligningsnummerering og variabelnotasjon den samme som hos Andvig og Moene.

For en *aktør*  $j$  er  $\pi_j(b)$  den oppnåelige fortjenesten ved å bestikke. Fortjenesten avtar med bestikkelsens størrelse  $b$ ,  $\pi_j'(b) < 0$ . I én periode er bestikkelsen den samme i alle transaksjonene.  $q_j$  er kostnader forbundet med *hvert forsøk* på å bestikke én byråkrat. Hvis den blir satt opp som en geometrisk rekke, viser det seg at den *forventede kostnaden* per transaksjon er lik  $q_j/y$  (se Appendix iii, punkt 1).  $q_j/y$  blir senere kalt *letekostnad* fordi uttrykket representerer kostnaden forbundet med å finne en byråkrat som er villig til å la seg bestikke. *Etterspørsel* etter korruperte tjenester,  $D$ , defineres av Andvig og Moene som følger.

$$D = D(b, y) \quad (2)$$

Etterspørselen avtar ved økt bestikkelse og vokser ved økt korrupsjonsnivå,  $\partial D/\partial b < 0$  og  $\partial D/\partial y > 0$ . Ifølge Ligning (1) øker forventet fortjeneste ved å bestikke når  $y$  stiger, og etterspørselen er proporsjonal med  $y$ . Funksjonen er kontinuerlig og deriverbar.

### **Tilbud**

I sitt valg om å være korrupt eller ærlig, velger byråkraten det alternativet med høyest nytteverdi.  $V_i(t)$  er *forventet verdi* av en rasjonell byråkrat sine valg.

$$V_i(t) = w + \max [b - c_i + U_i(t), \beta V_i(t+1)] \quad (3)$$

Denne får lønnen uansett, men også verdien av å være korrupt,  $(b - c_i + U_i(t))$ , eller av å være ærlig,  $(\beta V_i(t+1))$ .  $U_i$  er en nyttefunksjon som viser *forventede konsekvenser* ved å være korrupt. Denne er definert som i Ligning (4).

$$U_i(t) = (1-s)\beta V_i(t+1) + s[y[\beta V_i(t+1) - B] + (1-y)(-b)] \quad (4)$$

Her står  $\beta V_i(t+1)$  for verdien en korrupt byråkrat  $i$  vil oppnå hvis han ikke blir avslørt.  $(\beta V_i(t+1) - B)$  er verdien av å la seg bestikke for en korrupt byråkrat  $i$  dersom han blir oppdaget av en korrupt kollega. Nyttensnivået for en som har mistet jobben er lik null, og tapet hvis oppdageren ikke er korrupt er dermed  $(-b + \beta \cdot 0)$ .  $s \in [0, 1]$  er sannsynligheten for å bli avslørt, og det generelle korrupsjonsnivået  $y$  er her sannsynlighet for at den som avslører selv er korrupt. Sannsynligheten for å bli avslørt er eksogent gitt, mens korrupsjonsnivået er endogent.

Videre blir det definert et uttrykk for verdien av å *ikke være korrump*,  $V^N$  i Ligning (5), og et for verdien av å *være korrump*,  $V_i^C$  i Ligning (6).  $N$  står for 'not', og  $C$  for 'corrupt'.

$$V^N = w/(1-\beta) \quad (5)$$

I en stasjonær tilstand er  $V_i(t)=V_i$  og  $U_i(t)=U_i$  for alle  $t$ . Under denne forutsetningen er  $V^N$  utledet fra Ligning (3)<sup>4</sup>.

$$V_i^C = \frac{w + b(1-s) - c_i}{1-\beta(1-s(1-y))} \quad (6)$$

$V_i^C$  er utledet fra Ligning (3) og (4), se Appendiks iii, punkt 2. Ligning (5) og (6) viser at verdien av å være korrump øker ved økt korrupsjon, mens verdien av å *ikke* være korrump er uavhengig av korrupsjonens omfang. En rasjonell byråkrat er *korrump* hvis  $V_i^C > V^N$ .  $\tilde{c}$  er en terskelverdi for  $c_i$ , byråkratenes individuelle kostnader ved å være korrump.

$$\tilde{c} = (1-s)b-s(1-y)w/r \quad (7)$$

For andelen byråkrater med  $c_i < \tilde{c}$  er korrupsjon attraktivt, og de *tilbyr* derfor korruperte tjenester. Ligning (7) er utledet fra Ligning (5) og (6) (se Appendiks iii, punkt 3).  $c_i$  er fordelt over et intervall,  $[\underline{c}, \bar{c}]$ , med *kumulativ* fordelingsfunksjon  $F(\tilde{c})$ .  $F(\underline{c})=0$  og  $F(\bar{c})=1$ .  $F(\tilde{c})$  er andelen korruperte byråkrater, og forklarer følgelig korrupsjonens omfang,  $y$ .

$$F(\tilde{c}) = F((1-s)b-s(1-y)w/r) = y \quad \text{for } 0 \leq y \leq 1 \quad (8)$$

Ifølge Andvig og Moene øker korrupsjonsnivået når renten<sup>5</sup> eller bestikkelsen øker, men synker når lønnsnivået<sup>5</sup> eller sannsynligheten for å bli tatt øker.

<sup>4</sup>  $V_i^N = w + \beta V_i^N \Rightarrow V_i^N = w/(1-\beta) = w/r$  (fordi  $\beta = 1/(1+r)$ )

<sup>5</sup> Dette er avhengig av at  $s > 0$ .

### ***Dynamikk og likevekter i modellen***

Modellen skal forklare utvikling i korrupsjonsnivået *over tid*, og Andvig og Moene gjør  $y$  tidsavhengig som i Ligning (8)'.

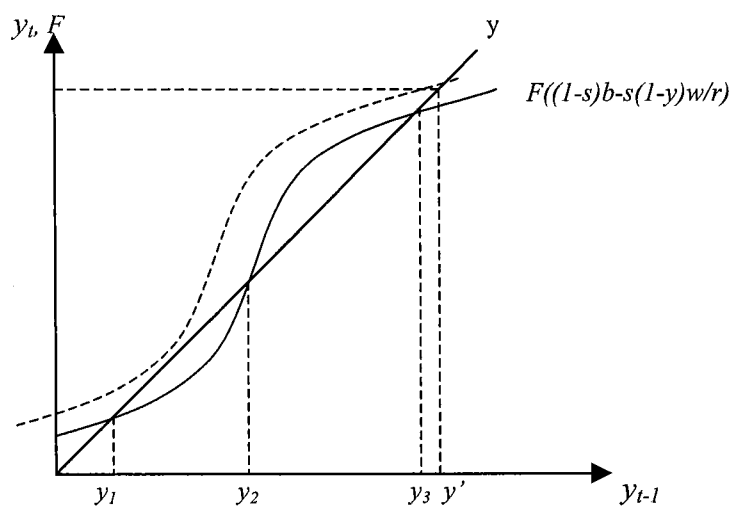
$$y_t = F((1-s)b - s(1-y_{t-1})w/r) \quad (8)'$$

Ifølge Andvig og Moene er omfanget av korrupsjon på et stasjonært nivå hvis  $y_t = y_{t-1}$ . Er det konvergens mot dette nivået, representerer det et stabilt *likevektsnivå*. I likevekt er tilbudet lik etterspørselen, og  $y = D(b, y)$ , når  $b$  er en funksjon av  $y$ . Ligning (9) er en likevektsbetingelse.

$$b = f(y) \quad (9)$$

I modellen er *etterspørselen i langsiktig likevekt*, samtidig som det er gjensidig påvirkning mellom etterspørsel og pris. *Tilbudet justerer seg* etter korrupsjonsnivået, og nivået i forrige periode er vurderingsgrunnlag både for private aktører og byråkrater.

Antall likevekter avhenger av hvordan den stokastiske variabelen,  $c_i$ , er fordelt. Ifølge Andvig og Moene vil  $F(\tilde{c})$ -kurven ha form som i Figur 3.1, *hvis*  $c_i$  følger en Gaussfordeling. Da kan det være tre likevekter i modellen, to stabile,  $y_1$  og  $y_3$ , og en ustabil,  $y_2$ .



Figur 3.1

*Intuisjonen* bak den antatte dynamikken som er illustrert i dette bildet, er basert på sannsynlighetsfordelingen.  $y_1$  og  $y_3$  er *ikke lik* 0 og 1, fordi det alltid vil være noen med så lav  $c_i$  at de er korrupt nærmest for enhver pris, mens andre med høy  $c_i$ , er ærlige av prinsipp.  $y_2$  er en ustabil likevekt og representerer "toppen" på  $c_i$ -fordelingen. Mange aktører er fordelt rundt denne  $c$ -verdien, og en liten endring i oppfattelsen av korrupsjonsnivået,  $\hat{y}_2 \pm \varepsilon$ , kan derfor gi store utslag når utgangspunktet er  $y_2$ .

### ***Parameterendringer***

Hvis lønnsnivået eller sannsynligheten for å bli oppdaget øker, er det færre byråkrater som ønsker å være korrupt. Dette er eksempel på parameterendringer, og korrupsjonsnivået endrer seg som *skift* i kurven. Slike skift reduserer *antall likevekter* hvis kurven, som illustrert i Figur 3.1, krysser 45°-linjen i færre punkt. Etter en parameterendring kan det være kun *én* stabil likevekt igjen. Hvis den eneste likevekten tilsvarende  $y'$  i Figur 3.1, vil økonomien befinne seg i en såkalt "høy-korrupsjonsfelle". Det kan selvsagt også være motsatt, at den eneste likevekten er lav, og at korrupsjon forblir et fraværende problem.

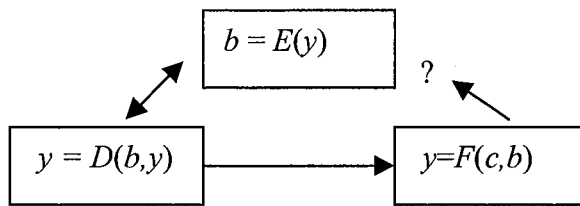
## **3.2 Kommentarer**

Alle modeller er forenklinger og har følgelig svakheter. Gode modeller plukker opp dynamikken i de viktigste mekanismene, mens mer ubetydelige koblinger tillegges mindre vekt. Andvig og Moene sin modell handler om mekanismer som er viktige for å forklare korrupsjon, men dynamikken mellom disse er noe uklar. I det følgende blir justeringsmekanismer, så vel som andre forhold ved modellen kommentert. Påstandene i de fire første kommentarene blir gjennomgått grundigere i Kapittel 5.

### ***1. Den dynamiske prosessen***

Korrupsjonsnivået blir forklart med en dynamisk prosess, men modellen er en statisk likevektsmodell. Den dynamiske prosessen er dermed implisitt, og ikke fullstendig beskrevet i Andvig og Moenes artikkel. I økonomisk teori er det vanlig å illustrere langsiktige likevekter på denne måten. Dynamisk bevegelse i modellen er forklart med to variabler, korrupsjonsnivå og bestikkelsesnivå. Det skal være en

vekselvirkning mellom disse variablene, men det er ikke beskrevet en mekanisme som sørger for gjensidig påvirkning.



Figur 3.2

Andvig og Moene definerer bestikkelsen som endogen og avhengig av korrupsjonsnivået, uten en eksplisitt funksjon. De diskuterer effekten av ulike bestikkelsesnivå, som om bestikkelsesnivået var eksogent bestemt. En økning i  $b$  påvirker responsfunksjonen ( $F(\tilde{c})$ -kurven), *tilbudet øker* fordi flere ønsker å være korrupt når fortjenesten øker, og det *alene* forklarer et høyere korrupsjonsnivå. *Etterspørselen er i langsiktig likevekt*, mens bare tilbud kan være utenfor likevekt. Det er ikke justeringsmekanismer i modellen. Hvis etterspørselen er i langsiktig likevekt, kan den ikke påvirke bestikkelsen, og med konstant etterspørsel, et konstant bestikkelsesnivå og bestemte parametre, er det ingenting som forandrer seg.

## 2. Antatt sannsynlighetsfordeling og antall likevekter

Ifølge Andvig og Moene kan modellen ha tre likevekter når  $c_i$  er normalfordelt, avhengig av parametersett. Fordi nivået kun er forklart med tilbudssiden, vil formen på funksjonen som skal forklare korrupsjonsnivået og avgjøre antall likevekter, være helt avhengig av valg av sannsynlighetsfordeling for byråkratenes individuelle kostnad,  $c_i$ . Hvis det var vekselvirkning mellom tilbud og etterspørsel, ville funksjonsformen vært preget av det, og ikke kun være styrt av én variabel på den ene siden. Andvig og Moene definerer fortjenesten ved å bestikke,  $P_j$ , som en individuell størrelse, men de forklarer ikke hvordan den varierer, og heller ikke hvordan funksjonsformen ville blitt påvirket hvis  $P_j$  fulgte en sannsynlighetsfordeling.

### 3. *Tilpasningstregghet*

I modellen øker verdien av å være korrupt for alle, hvis bare (enda) en byråkrat velger å bli korrupt, jfr. Ligning (6). *Umiddelbar reaksjon* er betinget av perfekt informasjon om  $y$ , og utifra modellen gir det tilstrekkelig effekt for bevegelse hvis bare *én* aktør endrer atferd. I virkeligheten er det naturlig å regne med noe *tilpasningstregghet*. Folk ønsker normalt å holde kriminelle handlinger skjult, og en større andel aktører må endre atferd før en økning eller reduksjon i  $y$  blir oppfattet av byråkratene generelt. Treggheten avhenger av hvor oversiktlig transaksjonene er, og hvor sterkt aktørene oppfatter gjeldende norm – ærlighet eller korrupsjon - i de stabile likevektene. Tregghet i tilpasningen kan føre til overkompensasjon når reaksjonen først kommer. Dette kunne modelleres med en viss tidsforsinkelse på informasjon, for eksempel ved at en kombinasjon av ny og eldre informasjon blir grunnlag for prediksjonen av nivåendringer (og ikke bare ny informasjon).

### 4. *Høyt eller lavt korrupsjonsnivå*

En tolkning av Andvig og Moene sin hypotese er at korrupsjon enten kan være et alvorlig problem *eller* av liten betydning, mens et "middels korrupsjonsnivå" bare vil være et midlertidig fenomen. En antagelse som følge av hypotesen burde kanskje være at stater enten er kleptokratier, der alle prøver å berike seg, eller så er korrupsjon et fraværende problem<sup>6</sup>. Indeksen til Transparency International, jfr. Kapittel 2, ville i så tilfelle enten vise *lave eller høye* verdier. Dette er ikke tilfelle, men hypotesen kan likevel være fornuftig. Avhengig av parametre og fordelinger kan "den høye likevekten" ligge på 40 prosent, den trenger ikke å være opp mot 100 prosent. Et nivå som er høyt for ett parametersett (eller samfunn) kan være lavt for et annet.

### 5. *Lineær nyttefunksjon*

Nyttefunksjonen er *lineær* i inntekt. Det er vanlig å anta *avtagende* grensenytte av inntekt.

### 6. *Identisk beslutningsstrategi*

Beslutningen om å være korrupt eller ikke, blir tatt på samme måte. Dette er en vanlig forutsetning i økonomisk teori, men kanskje en svakhet. Å modellere ulike strategier er mer realistisk, men også mer komplisert. Beslutningsstrategien Andvig og Moene



velger, er en vurdering av parametre som antageligvis påvirker korrupsjonsnivået i virkeligheten.

### 7. Uendelig tidshorisont og lønn i forhold til rente

Aktøren betrakter en uendelig tidshorisont, og leddet  $w/r$  i Ligning (7) er utledet som en uendelig rekke<sup>7</sup>. Hvis  $r$  gjenspeiler både lønnsutvikling og rente, kan leddet bli meningsløst. I Norge og i mange andre land er disse størrelsene omtrent på samme nivå. Med lønnsutvikling lik  $r_1$  og rente lik  $r_2$  vil neddiskontering etter  $n$  år være

$$\frac{w(1+r_1)^n}{(1+r_2)^n} ; \text{ med } r=r_2-r_1 \text{ og } r_1=r_2 \Rightarrow w/r \Rightarrow w/0 = \infty.$$

Fra en norsk synsvinkel kan dessuten forholdet mellom lønn og rente virke urealistisk. En byråkrat som tjener 250 000 kr i året vil få et tap på 20 årslønner dersom han mister jobben og renten er 5 prosent. Med forutsetningen om at velferd (nytteverdi) uten arbeid er lik null, jfr. Ligning (4), blir det å miste jobben en opplagt belastning.

Et forslag til forbedring er  $\sum_{i=1}^n w(1+r)^n$ , der  $n$  er antatt antall år uten jobb og  $r=r_1-r_2$ .

Et annet forslag er å tolke eksisterende ledd på en annen måte. Hvis  $r$  heller er en faktor for inntektstap ved oppsigelse, vil modellen bli mer realistisk.  $r=0.5$  vil f.eks. gi et tap på cirka to årslønner. Denne tolkningen blir brukt i numeriske eksempel i Kapittel 5.

Andvig og Moene sier i artikkelen at nytteverdi lik null av å miste jobben i offentlig sektor indikerer at  $w$  reflekterer *lønnforskjell mellom privat og offentlig sektor*, korrigert for hvor lang tid det tar å finne ny jobb. I mange u-land er privat sektor liten, samtidig som lønningene er langt høyere enn i offentlig sektor. *Uformell sektor* utgjør mer enn 50% av all næringsvirksomhet i mange fattige land. I stedet for lønn i privat sektor burde det kanskje istedenfor refereres til *alternativ lønn*.

<sup>6</sup> Jfr. Moene (1993).

<sup>7</sup>  $w + w/(1+r) + w/(1+r)^2 \dots = w(1+r)/r = w/r + w$

### **8. Private aktører og risikonøytralitet**

$q_j/y$  er den opplevde letekostnaden til private aktører, se Appendiks iii, Punkt 1. I modellen utgjør usikkerhet omkring letekostnaden ingen kostnad for en aktør. Velferds-reduksjonen forbundet med letekostnader er lik den forventede letekostnaden. Aktøren kan med andre ord karakteriseres som *risikonøytral*. Risikonøytralitet blir ofte betraktet som urealistisk.

### **9. Kjennskap til den eksogene risikoen for å bli tatt**

Forutsetningen om eksakt kjennskap til den eksogene sannsynligheten for å bli tatt,  $s$ , er lite realistisk. Normalt vil ikke byråkratene kjenne denne størrelsen, men heller basere seg på en individuell intuisjon. Trolig vil intuisjonen om  $s$  bli påvirket både av korrupsjonsnivået og egen personlig kostnad ved å være korrupt, slik at  $\hat{s}_i = \hat{s}(y, c_i)$ .

### **10. Bestikkelsen**

Størrelsen på bestikkelsen blir hevdet å variere over tid, men i løpet av ett tidssteg har den samme størrelse i alle transaksjonene. En forbedring av modellen kan være å la bestikkelsen variere. I virkeligheten varierer størrelsen på bestikkelsen ganske sterkt, og i modellen kunne den f.eks. være en funksjon av private aktørers (individuelle) fortjeneste ved å bestikke, og/eller av byråkratenes (individuelle) kostnad ved å være korrupt.

### **11. Korrupsjon og årsaksforhold**

I artikkelen blir det hevdet at korrupsjonsnivået er avhengig av både tilbud og etterspørsel. I den grad modellen fremstiller korrupsjon som et problem med flersidig årsak, er det et realistisk trekk. Det er ikke bare krav om bestikkelser som fører til korrupsjon, eller som er korrupsjon, problemet skyldes også at noen betaler.

Modellen samsvarer imidlertid ikke helt med et uttalt samspill mellom tilbud og etterspørsel. Siden dynamikken ikke er fullstendig definert, er det litt uklart hva som påvirker korrupsjonsnivået, jfr. kommentaren ovenfor.

### ***12. Andre faktorer som kan ha påvirkning på byråkratisk korrupsjon***

Selvsagt er det faktorer av betydning som ikke inngår i modellen. Modellen handler om hendelser i mikro, men korrupsjon innad i et byråkrati blir vel så mye påvirket av makroøkonomiske forhold og politisk styresett. Er det betydelige *verdistrømmer* i et land, er det også ofte miljø for korrupsjon. Verdistrømmene kan ha sine kilder i egne ressurser, som olje eller diamanter, men kan også skyldes bistand og lån fra utlandet. Korrupsjonsomfanget kan dessuten avhenge av *kulturelle* faktorer. I samfunn med sterke sosiale og familiære nettverk, kan nepotisme nærmest betraktes som en plikt for byråkraten. Andre faktorer kan være konsentrasjon av økonomisk makt, relative inntektsforskjeller mellom offentlig og privat sektor, utdannelsesnivå og byråkratisk struktur, samt rekrutterings- og avansementsmekanismene i offentlig sektor<sup>8</sup>.

Faktorene som er nevnt her, kan alle modelleres som variabler i en modell.

---

<sup>8</sup> jfr. forøvrig Kapittel 2.

## 4. Fra statisk til dynamisk modell

---

Hvis modellen som ble presentert i forrige kapittel, endres fra å være statisk til å bli dynamisk, kan det åpnes for gjensidig påvirkning mellom variablene i systemet. Dette vil gjøre det mulig å beskrive hvordan et samspill mellom etterspørsel og tilbud over tid kan generere et likevektsnivå for korrupsjon. Eventuell konvergens og antall likevekter vil være påvirket både av parametervalg og av sannsynlighetsfordelingene for de stokastiske variablene som inngår i modellen, samt initielle verdier. For å si noe konkret om betydningen av sannsynlighetsfordelinger, er det nødvendig å utvikle modellen med bestemte fordelinger for de stokastiske variablene. Bestemte fordelinger er dessuten en forutsetning for å beskrive modellen. Hvilken innvirkning valg av fordeling har på korrupsjonsnivået, er foreløpig uklart, men blir studert i neste kapittel.

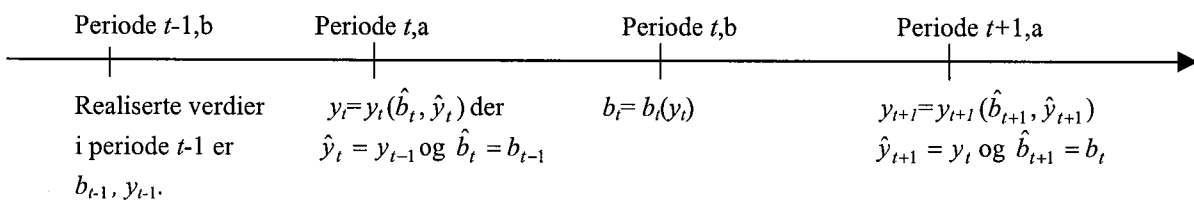
Innledningsvis følger en forklaring på hvordan dynamikken i modellen kan foregå i virkeligheten. I Kapittel 4.1 og 4.2 er modellen beskrevet med ulike *sannsynlighetsfordelinger*, først for etterspørselssiden og deretter for tilbudssiden. I Kapittel 4.3 blir temaet *forventningsdannelse* tatt opp. Så langt har aktørene i sine beregninger forventet at nivåene på korrupsjon og bestikkelse blir de samme i aktuell periode som de var i perioden før,  $\hat{y}_t = y_{t-1}$  og  $\hat{b}_t = b_{t-1}$ . I Kapittel 4.3 er alternative former for forventningsdannelse beskrevet. To forslag er basert på ekstrapolasjon, et tredje forslag er en estimeringsmetode som reduserer ustabilitet, og et fjerde forslag er en form for læring. Til slutt, i Kapittel 4.4, blir valg av sannsynlighetsfordeling diskutert. Valg av fordeling er i realiteten antagelser om det samfunnet den skal beskrive og aktørenes verdinormer.

### Historien<sup>1</sup>

Modellen beskriver en historie som begynner på etterspørselssiden. Hver enkelt aktør vurderer hva han kan oppnå ved å bestikke en byråkrat, og hvor mye han må regne med å betale. Han overveier også hvor vanlig korrupsjon er, slik at han kan gjøre seg et anslag av sannsynligheten for å finne noen som lar seg bestikke. Fortjenesten varierer individuelt, og andelen av aktører som profitterer på å bestikke, står for den samlede *etterspørselen* etter korruperte tjenester. De betaler byråkrater for å få dem til å utføre tjenester de ellers ikke ville ha gjort, eller de aksepterer å betale krav om bestikkelse.

*Byråkratene* merker etterspørselen. De overveier risikoen, størrelsen på bestikkelsen (slik de husker den fra forrige periode), lønnsnivået og rentenivået, det vil si parametrene i tilbudsfunksjonen. Kostnader ved å være korrupt er forskjellig for de ulike byråkraterne. For enkelte vil korrupsjon lønne seg, og disse vil være villige til å ta imot midler for å utføre ekstratjenester. Hvis antallet byråkrater som ønsker å ta imot midler ikke tilsvarende etterspørselen, blir *bestikkelsen* justert som resultat av markedskreftene. Er etterspørselen større enn tilbudet, øker bestikkelsesnivået. Og hvis det er flere korruperte byråkrater enn folk villige til å bestikke, synker denne prisen.

I Figur 4.1 er det en tidsakse som illustrerer historien i én iterasjon,  $t$ .



Figur 4.1. Tidsakse som illustrerer estimerte og realiserte verdier i én iterasjon

Tidsaksen viser hvordan nivåene i en aktuell periode,  $t$ , er påvirket av *realiserte* størrelser fra *forrige* periode,  $t-1$ , og hvordan *anslagene* om nivåene i  *neste* periode,  $t+1$ , blir bestemt. På trinn *a* blir etterspørselsnivået realisert basert på *antagelser* om hva nivåene på korrupsjon og bestikkelse blir i periode  $t$ . Med kjennskap til det reelle

<sup>1</sup> Historien kunne vært annerledes. Dette blir diskutert i Kapittel 6.

etterspørselsnivået i den aktuelle perioden, blir tilbudet og den faktiske bestikkelsen realisert på trinn  $b$ .

I den statiske modellen ble det ikke beskrevet en konkret påvirkning fra trinn  $a$  til trinn  $b$ , jfr. kommentarer i Kapittel 3.2. Bestikkelsens størrelse hadde effekt på korrupsjonsnivået, men til tross for Ligning (9) var det ingen mekanikk i modellen som gjorde bestikkelse avhengig av korrupsjonsnivået. I denne dynamiske versjonen er bestikkelse en endogen variabel, noe som er en forutsetning for gjensidig påvirkning mellom etterspørsel og tilbud, og for justering mot en likevekt.

De viktigste *forutsetningene* for modellen er at (i) både de private aktørene og byråkratene får kjennskap til hvilket nivå for korrupsjon og bestikkelse som blir realisert i den aktuelle perioden, (ii) de husker variablene fra forrige periode, og (iii) de kjenner den økonomiske fordelene ved å gjøre en korrumpert avtale allerede før den er inngått.

#### 4.1 Private aktører og deres fortjeneste

Utgangspunkt for å forklare dynamikken i etterspørselen er Ligning (1) fra Andvig og Moene, som viser individuell profitt ved å bestikke en byråkrat.

$$P_j = \pi_j(b) - q/y. \quad (1)$$

Alle leddene i dette uttrykket er tidsavhengige og  $b$  og  $y$  er egentlig anslag for nivåene i den aktuelle perioden. Aktør  $j$  bestikker dersom  $P_j > 0$ . Fortjeneste ved å bestikke,  $\pi_j \in [0, \bar{\pi}]$ , gjør individene til en heterogen gruppe, mens de andre parametrene er like for alle aktørene. Variabelen  $\tilde{\pi} \in [0, \bar{\pi}]$  skiller aktører som ser fordel i å bestikke,  $\pi_j > \tilde{\pi}$ , fra de som ikke gjør det,  $\pi_j < \tilde{\pi}$ .  $\tilde{\pi}$  varierer fra periode til periode fordi  $b$  og  $y$  varierer. For aktøren med  $\pi = \tilde{\pi}$  er  $P_j = 0$ , og vedkommende har en indifferent holdning til å bestikke.

$$P_j = 0 \Rightarrow \pi_j(b) - q/y = 0$$

Hvis sammenhengen i  $\pi_j(b)$  er slik at bestikkelsen blir subtrahert fra fortjenesten, kan  $\tilde{\pi}$  bli definert som i Ligning (10).

$$\tilde{\pi} = b_{t-1} + q/y_{t-1} \quad (10)$$

$G(\pi)$  er en kumulativ fordelingsfunksjon,  $G(\underline{\pi})=0$  og  $G(\bar{\pi})=1$ . Den kan vise *andelen* av private aktører som *ikke* oppnår høy nok fortjeneste til at de vil prøve å bestikke en byråkrat, gitt nivået på  $\tilde{\pi}$ . Korrupsjonsnivået, derimot, blir definert som *den andre* andelen, nemlig private aktører som *velger å bestikke*.

$$y_t = 1 - G(\tilde{\pi}) \quad (11)$$

Antagelsen om en bestemt sannsynlighetsfordeling for  $\pi_j$  gjør det mulig å uttrykke Ligning (11) eksplisitt.

### Valg av sannsynlighetsfordeling for $\pi_j$

Etterspørselssiden av modellen blir beskrevet for fire sannsynlighetsfordelinger, tre lineære og en eksponensiell. De tre lineære har stigningstall lik null (*uniform* fordeling), positivt stigningstall og negativt stigningstall.

I presentasjonene av fordelinger i forhold til modellen er det brukt samme *mal*: Sannsynlighetsfordelingen blir beskrevet som *fordelingens tetthetsfunksjon*<sup>2</sup> ved  $g(\pi)$ . Denne funksjonen kan illustrere andelen aktører med  $\pi_j < \tilde{\pi}$ .  $g(\pi)$  har verdi hvis  $\pi \in [0, \bar{\pi}]$ , mens  $g(\pi) = 0$  hvis  $\pi < 0$  eller  $\pi > \bar{\pi}$ .

Den kumulative fordelingsfunksjonen  $G(\pi)$  blir utledet fra  $g(\pi)$  ved integrasjon. Ved  $G(\pi)$  kan  $y_t$  bli uttrykt som en størrelse mellom 0 og 1. Dermed kan  $y_t$  beskrives ved integraler av kontinuerlige sannsynlighetsfordelinger.

Alle funksjonene blir illustrert som grafer. Siden  $G(\pi)$  viser andelen av de som *ikke* ønsker å bestikke, mens  $y_t$  uttrykker *etterspørsel* etter korruperte tjenester, blir fordelingsfunksjonene vist som  $1 - G(\pi)$ , og *ikke*  $G(\pi)$ .

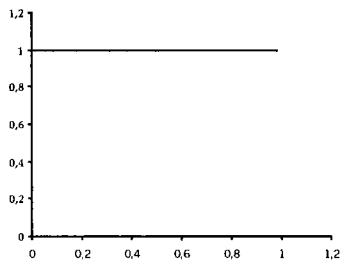
<sup>2</sup> *Tetthetsfunksjon* og *frekvensfunksjon* er det samme, bortsett fra at tetthetsfunksjon gjelder kontinuerlige variabler, mens frekvensfunksjon blir brukt om diskrete variabler.

**Uniform sannsynlighetsfordeling<sup>3</sup>**

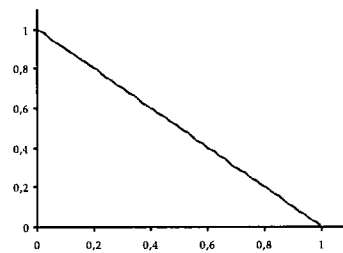
$$g(\pi) = \begin{cases} \frac{1}{\bar{\pi}} & \text{for } \pi \in [0, \bar{\pi}] \\ 0 & \text{for } \pi < 0, \pi > \bar{\pi} \end{cases} \quad (12)$$

$$G(\pi) = \frac{(\hat{b}_t + q/\hat{y}_t)}{\bar{\pi}}$$

$$y_t = 1 - G(\pi) = 1 - \left[ \frac{(\hat{b}_t + q/\hat{y}_t)}{\bar{\pi}} \right] \quad (13)$$



Figur 4.2: Uniform fordeling, tetthetsfunksjon



Figur 4.3: Omvendt kumulativ uniform fordelingsfunksjon

Aksene: Figur 4.2 (og 4.4, 4.6 og 4.8) viser  $g(\pi) \cdot \bar{\pi}$  som funksjon av  $\pi/\bar{\pi}$ . Figur 4.3 (og 4.5, 4.7 og 4.9) viser sammenhengen mellom  $\pi/\bar{\pi}$  på x-aksen og  $1 - G(\pi)$  på y-aksen.

**Lineær fordeling med positivt stigningstall**

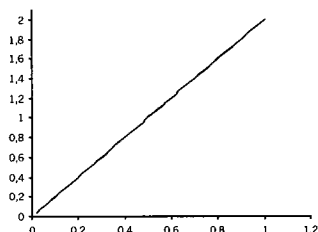
$$g(\pi) = \frac{2\pi}{\bar{\pi}^2} \quad (14)$$

$$G(\pi) = \int_0^{\pi} \frac{2\pi}{\bar{\pi}^2} d\pi = \left( \frac{\pi}{\bar{\pi}} \right)^2$$

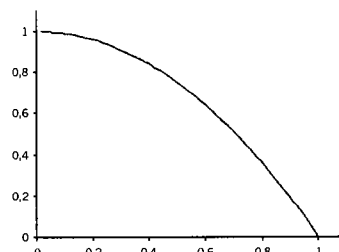
$$y_t = 1 - G(\tilde{\pi}_t) = 1 - \left( \frac{\tilde{\pi}_t}{\bar{\pi}} \right)^2 = 1 - \left( \frac{\hat{b}_t + q/\hat{y}_t}{\bar{\pi}} \right)^2 \quad (15)$$

<sup>3</sup> Variasjonsområdet for den stokastiske variabelen er beskrevet i teksten over, og blir gjentatt her kun for denne første fordelingen.





Figur 4.4. Lineær fordeling, tetthetsfunksjon\*



Figur 4.5. Omvendt kumulativ lineær fordelingsfunksjon\*

Å anta positivt stigningstall for fordelingen, som i Figur 4.4, er det samme som å forutsette at de fleste aktørene tjener på å bestikke en byråkrat.

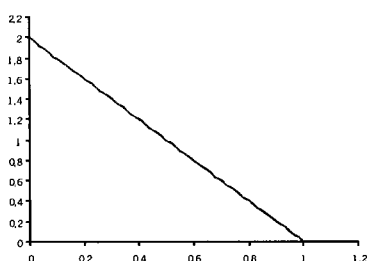
### Lineær fordeling med negativt stigningstall

$$g(\pi) = \frac{2}{\pi} - \frac{2\pi}{\pi^2} \quad (16)$$

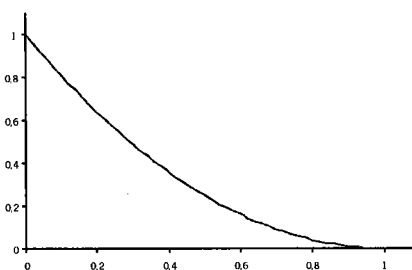
$$G(\pi) = \int_0^{\pi} \left( \frac{2}{\pi} - \frac{2\pi}{\pi^2} \right) d\pi = 2 \frac{\pi}{\pi} - \left( \frac{\pi}{\pi} \right)^2$$

$$y_t = 1 - G(\tilde{\pi}_t) = 1 - \frac{2\tilde{\pi}_t}{\pi} + \left( \frac{\tilde{\pi}_t}{\pi} \right)^2 = \left( 1 - \frac{\tilde{\pi}_t}{\pi} \right)^2$$

$$y_t = \left( 1 - \frac{\hat{b}_t + q/\hat{y}_t}{\pi} \right)^2 \quad (17)$$



Figur 4.6: Lineær fordeling, negativt stigningstall\*



Figur 4.7: Omvendt kumulativ lineær fordeling, negativt stigningstall\*

Figur 4.6 gjenspeiler at de fleste private aktører har relativt liten fortjeneste ved å bestikke en byråkrat, mens bare et fåtall vil oppnå en stor fordel.

\* Figur 4.2, 4.4, 4.6 og 4.8 viser  $g(\pi) \cdot \bar{\pi}$  som funksjon av  $\pi/\bar{\pi}$ .

\* Figur 4.3, 4.5, 4.7 og 4.9 viser sammenhengen mellom  $\pi/\bar{\pi}$  på x-aksen og  $1 - G(\pi)$  på y-aksen.

**Avtagende eksponensiell fordeling**

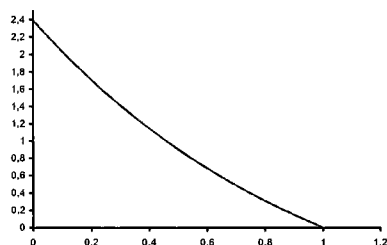
Forklaring og mellomregninger er gitt i Appendiks iii, punkt 4.

$$g(\pi) = \frac{e}{\pi(e-2)} \left[ e^{-\pi/\bar{\pi}} - \frac{1}{e} \right] \quad (18)$$

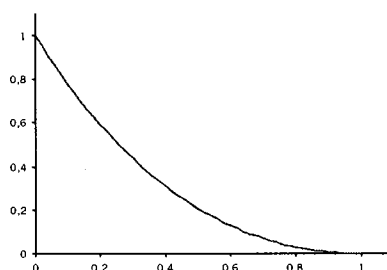
$$G(\pi) = \int_0^{\pi} g(\pi) d\pi = \frac{e}{e-2} \left[ 1 - \frac{\pi}{\bar{\pi} \cdot e} - e^{-\pi/\bar{\pi}} \right]$$

$$y_t = 1 - G(\tilde{\pi}_t) = \frac{e-2}{e-2} - \frac{e - (\tilde{\pi}_t/\bar{\pi}) - e^{1-\tilde{\pi}_t/\bar{\pi}}}{e-2} = \frac{\tilde{\pi}_t/\bar{\pi} + e^{1-\tilde{\pi}_t/\bar{\pi}} - 2}{e-2} \quad (19)$$

der  $\tilde{\pi}_t = \hat{b}_t + q/\hat{y}_t$



Figur 4.8: Avtagende eksponensiell fordeling, tetthetsfunksjon\*



Figur 4.9: Omvendt kumulativ eksponensiell sannsynlighetsfordeling\*

Valget av eksponensiell fordeling blir ikke begrunnet med at en slik fordeling er mest realistisk, men heller med verdien av å vise og simulere modellen for flere typer fordelinger. Denne fordelingen er kun én av mange eksponensielle fordelinger som kunne vært valgt.

\* Figur 4.2, 4.4, 4.6 og 4.8 viser  $g(\pi) \cdot \bar{\pi}$  som funksjon av  $\pi/\bar{\pi}$ .

\* Figur 4.3, 4.5, 4.7 og 4.9 viser sammenhengen mellom  $\pi/\bar{\pi}$  på x-aksen og  $1 - G(\pi)$  på y-aksen.

### 4.3 Byråkratenes reaksjon og bestikkelsens størrelse

Størrelsen på bestikkelsen sikrer at tilbud samsvarer med etterspørsel, og dermed en markedsklarere pris.

$$F(\tilde{c}_i) = F((1-s)b_i - s(1-y_i)w/r) = y_i \quad (8)'$$

Ligning (8)' er en betingelse for at tilbud skal være lik etterspørsel.

$\tilde{c}_i = (1-s)b_i - s(1-y_i)w/r$  er en grenseverdi som skiller de korruperte byråkratene fra de ærlige, mens  $F(\tilde{c}_i)$  er en kumulativ fordelingsfunksjon som beskriver andelen korruperte byråkrater for den aktuelle etterspørselen og de definerte parametrene. For å finne et uttrykk for endring i bestikkelsesnivå, blir begge sider brukt som argument i inversfunksjonen<sup>4</sup>  $F^{-1}$ , slik at

$$\begin{aligned} F^{-1}(y_i) &= F^{-1}(F(\tilde{c}_i)) = \tilde{c}_i \\ F^{-1}(y_i) &= (1-s)b_i - s(1-y_i)w/r \end{aligned} \quad (20)$$

Et uttrykk for bestikkelsen,  $b_i$ , er utledet fra Ligning (20).

$$b_i = \frac{F^{-1}(y_i) + s(1-y_i)w/r}{1-s} \quad (21)$$

#### Ulike sannsynlighetsfordelinger for $c_i$

Byråkratene har ulik kostnad ved å være korrupert,  $c_i$ . I dette avsnittet blir alternative eksplisitte versjoner av Ligning (20) definert med ulike fordelinger for  $c_i$ . På samme måte som for etterspørselssiden, er det tre lineære fordelinger med stigningstall lik null, positivt stigningstall og negativt stigningstall. Uttrykket blir dessuten definert for en  $\sin^2$ -fordeling for å etterligne Andvig og Moene sitt forslag om normalfordeling.

Presentasjonene følger samme mal som i Kapittel 4.2. Her er  $f(c)$  fordelingsdensitetfunksjon, og  $F(c)$  er den kumulative fordelingsfunksjonen.  $F(\tilde{c}_i) = y_i$ , og betyr at  $F(\tilde{c}_i)$  er andelen korruperte byråkrater, gitt fordeling og parametre. I denne

<sup>4</sup> Som eksempelet under illustrerer, vil inversfunksjonen av en funksjon være lik argumentet.

Hvis  $f(x) = x^2$  og  $f^{-1}(y) = \sqrt{y}$  da vil  $f^{-1}(f(x)) = f^{-1}(x^2) = \sqrt{x^2} = x$

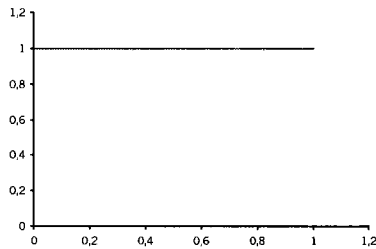
sammenhengen er et uttrykk for bestikkelsesnivået,  $b_t$ , mer ønsket. Det kan bli funnet ved å løse  $y_t = F(\tilde{c}_t)$  for  $\tilde{c}_t$ . Siden  $\tilde{c}_t = F^{-1}(y_t)$  vil uttrykket for  $\tilde{c}_t$  erstatte  $F^{-1}(y_t)$  i Ligning (20). Uttrykk for  $f(c)$  gjelder i intervallet  $[0, \bar{c}]$ , for andre verdier av  $c$  er  $f(c)=0$ .

### Uniform sannsynlighetsfordeling

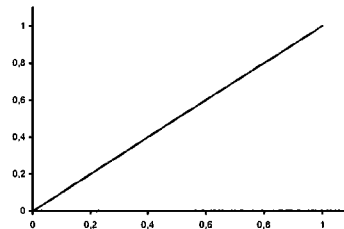
$$f(c) = \frac{1}{\bar{c}}, \quad F(c) = \frac{c}{\bar{c}}$$

$$F^{-1}(y_t) = \tilde{c}_t = y_t \cdot \bar{c}$$

$$b_t = \frac{y_t \cdot \bar{c} + s(1 - y_t)w/r}{1 - s} \quad (22)$$



Figur 4.10: Uniform fordeling for  $c_i$ , tetthetsfunksjon



Figur 4.11: Kumulativ uniform sannsynlighetsfordeling

Aksene: Figur 4.10, 4.12, og 4.14 viser  $f(c) \cdot \bar{c}$  som funksjon av  $c/\bar{c}$ . Figur 4.11, 4.13, 4.15 og 4.16 viser sammenhengen mellom  $c/\bar{c}$  på x-aksen og  $F(c)$  på y-aksen.

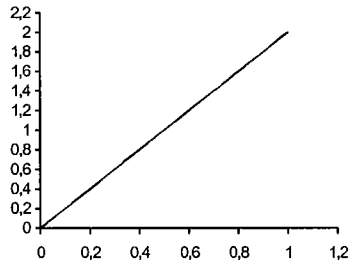
### Lineær fordeling med positivt stigningstall

$$f(c) = \frac{2c}{\bar{c}^2} \quad (23)$$

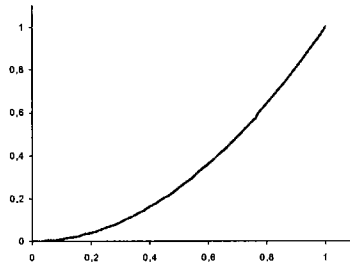
$$F(c) = \int_0^c \frac{2c}{\bar{c}^2} dc = \left[ \left( \frac{c}{\bar{c}} \right)^2 \right]_0^c = \left( \frac{c}{\bar{c}} \right)^2$$

$$y_t = \left( \frac{\tilde{c}_t}{\bar{c}} \right)^2 \Rightarrow \tilde{c}_t = \sqrt{y_t} \cdot \bar{c} = F^{-1}(y_t)$$

$$b_t = \frac{\sqrt{y_t} \cdot \bar{c} + s(1 - y_t)w/r}{1 - s} \quad (24)$$



Figur 4.12: Stigende lineær fordeling, tetthetsfunksjon<sup>♦</sup>



Figur 4.13: Kumulativ lineær sannsynlighetsfordeling<sup>♦</sup>

Når  $c_i$  er lineært fordelt med positivt stigningstall, vil de fleste aktørene ha høye kostnader med å være korrupte.

### Lineær fordeling med negativt stigningstall

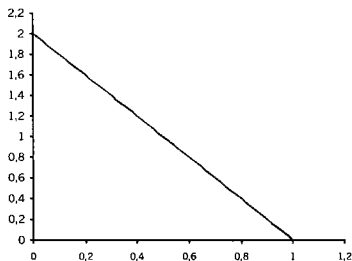
$$f(c) = -\frac{2c}{\bar{c}^2} + \frac{2}{\bar{c}} \quad (25)$$

$$F(c) = \int_0^c \left( -\frac{2c}{\bar{c}^2} + \frac{2}{\bar{c}} \right) dc = -\frac{c^2}{\bar{c}^2} + \frac{2c}{\bar{c}}$$

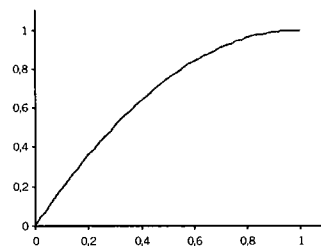
$$y_i = -\frac{\tilde{c}_i^2}{\bar{c}^2} + \frac{2\tilde{c}_i}{\bar{c}} \text{ og } F^{-1}(y_i) = \tilde{c}_i = (1 - \sqrt{1 - y_i}) \cdot \bar{c}$$

(Se mellomregning i Appendiks iii, punkt 5)

$$b_i = \frac{\bar{c} - \tilde{c}_i \sqrt{1 - y_i} + s(1 - y_i)w/r}{1 - s} \quad (26)$$



Figur 4.14: Avtagende lineær fordeling, tetthetsfunksjon<sup>♦</sup>



Figur 4.15: Kumulativ lineær sannsynlighetsfordeling<sup>♦</sup>

<sup>♦</sup> Figur 4.10, 4.12, og 4.14 viser  $f(c) \cdot \bar{c}$  som funksjon av  $c/\bar{c}$ .

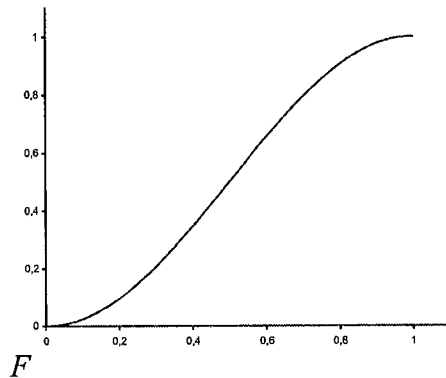
<sup>♦</sup> Figur 4.11, 4.13, 4.15 og 4.16 viser sammenhengen mellom  $c/\bar{c}$  på x-aksen og  $F(c)$  på y-aksen.

Et negativt stigningstall for fordelingen antyder et samfunn der de fleste har lave kostnader ved å være korrupt, og i slike samfunn er korrupsjonsnivået normalt relativt høyt.

### *Sin<sup>2</sup>-fordeling*

Andvig og Moene foreslår at  $c_i$  følger en klokkeformet fordeling og sier at modellen med den forutsetningen kan ha tre likevekter. En typisk klokkeformet fordeling er normalfordelingen. Den kan imidlertid ikke bli brukt her, fordi det ikke er analytisk mulig å finne den kumulative funksjonen når variabelen er normalfordelt. I stedet kan den integrerte normalfordelingen etterlignes.

En slik etterligning er illustrert i Figur 4.16 til høyre. Funksjonen er basert på en  $\sin^2$ -fordeling og uttrykt i Ligning (27) under.



Figur 4.16<sup>♦</sup>: Etterligner kumulativ normalfordeling,  $\left[ \sin^2 \left( \frac{c}{\bar{c}} \frac{\pi}{2} \right) \right]$ .

$$b_i = \frac{\frac{2\bar{c} \cdot \arcsin \sqrt{y_i}}{\pi} + s(1 - y_i)w/r}{1 - s} \quad (27)$$

Ligning (27) er utledet og forklart i Appendiks iii, punkt 6. For øvrig er det en oversikt over alle uttrykkene for  $b$  og  $y$  i sammendraget i Appendiks ii.

<sup>♦</sup>  $F(c)$  som funksjon av  $c/\bar{c}$ .

### 4.3 Forventningsdannelse

Stilt overfor valget mellom å bestikke eller ikke, anslår private aktører hvor omfattende korrupsjon er og hva bestikkelsesnivået ligger på. Anslagene påvirker oppfattelsen av lønnsomheten ved å bestikke, jfr. Ligning (1) og Figur 4.1, og dermed hvilket valg aktørene gjør. Hittil har denne vurderingen kun bestått i å anta at nivåene vil holde seg på samme nivå som i forrige periode,  $\hat{y}_t = y_{t-1}$  og  $\hat{b}_t = b_{t-1}$ .

Det er vanskelig å vite *hvordan* aktørene gjør seg sine forventninger<sup>5</sup>. For å få et inntrykk av *betydningen* av antagelser om forventningsdannelse *i modellen*, blir fire alternativer i det følgende beskrevet, og siden simulert. Disse er *lineær ekstrapolasjon* (konstant stigningstall), *2. ordens ekstrapolasjon* (konstant krumning), en estimeringsmetode som er avhengig av observert *utvikling* i  $y_t$  (det som blir kalt *sensitiv forventningsdannelse*), og til sist en form som kan kalles *læring* – fordi aktøren forstår utviklingen bedre ettersom tiden går. De tre første formene for estimering blir modellert kun for korrupsjonsnivået,  $y$ , mens den formen som blir kalt *læring* også blir modellert for bestikkelsen,  $b$ .

De typene forventningsdannelse som blir beskrevet, er valgt med tanke på hva som er *realistisk*, og ikke utifra *rasjonalitet* slik dette begrepet blir brukt innen økonomi<sup>6</sup>.

#### *Ekstrapolative forventninger*

Å *ekstrapolere* betyr å *anslagsvis beregne ukjente størrelser ut fra sammenlignbare kjente størrelser*. Å basere forventninger på ekstrapolering betyr å anta at en observert trend vil fortsette. Teknisk vil det si at aktøren forventer at *stigningstallet* for en kurve som viser nivå i forhold til tid, holder seg *konstant* (lineær ekstrapolasjon). En selger med slike forventninger som opplever at salget øker, antar at salget vil fortsette å øke, og motsatt hvis det synker. Basert på en forventet utvikling, gjør han sine valg, f.eks. om å øke eller å redusere lagerbeholdningen.

<sup>5</sup> Det er bl.a. avhengig av behovet for nøyaktighet relativt til innsats. Ref. Payne, Bettman & Johnson (1993) og jfr. kommentaren om identisk beslutningsstrategi i Kapittel 3.2.

<sup>6</sup> Ved *rasjonelle forventninger* gjør aktørene seg en antagelse om hva som kommer til å skje - og så, med høy sannsynlighet, skjer nettopp det. S.G.Hall og A. Garratt har skrevet om læring og rasjonelle forventninger blant annet i artikkelen "Model-consistent learning: some recent developments" (i Schoonbeek m.fl., 1995). De forklarer at rasjonalitetsforventningen er urealistisk i modeller som

**A) Lineær ekstrapolasjon**

Forventningen om neste periode,  $\hat{y}_{t+1}$ , er basert på observert korrupsjonsnivå i to perioder, der vektleggingen av nivået fra en periode er angitt med en parameter,  $\alpha$ .

$$\hat{y}_{t+1} = \alpha y_t + (1 - \alpha) y_{t-1} \quad (28)$$

Hvis  $\alpha=1$  vil  $\hat{y}_{t+1} = y_t$ , det vil si at forventningsdannelsen er som opprinnelig i modellen. I denne sammenhengen kan den bli kalt en *0. ordens* ekstrapolasjon. Hvis  $\alpha=2$ , er uttrykket en *1. ordens* (lineær) ekstrapolasjon.

$$\hat{y}_{t+1} = 2y_t - y_{t-1} \quad (28)'$$

Med denne typen estimering antar aktøren at stigningstallet for utviklingen er konstant.

**B) 2. ordens ekstrapolasjon (konstant 2. derivert)**

Kunnskap om observert nivå fra tre perioder gjør det *mulig* å beregne kurvens krumning. Hvis aktøren danner forventning om konstant krumning, kan dette kalles *2. ordens* ekstrapolasjon.

$$\hat{y}_{t+1} - y_t = 2(y_t - y_{t-1}) - 1(y_{t-1} - y_{t-2})$$

Dette uttrykket tilsvarer en lineær ekstrapolasjon av stigningstall (jfr. punkt A) når tidssteget er konstant. Ligning (29) er det samme som uttrykket over.

$$\hat{y}_{t+1} = 3y_t - 3y_{t-1} + y_{t-2} \quad (29)$$

Aktøren har ikke nøyaktige tall, og det er heller ikke opplagt at han bruker formelen over. En intuisjon *tilnærmet* Ligning (29) er realistisk, men for å få en fornuftig tilnærming til en aktør sin intuitive forståelse for utviklingen, er det nødvendig å forutsette at aktøren gjør slike utregninger.

---

beskriver atferd på kort sikt, men at den er et nyttig verktøy for å analysere marked i et langsiktig perspektiv.



### 3. Sensitiv forventningsdannelse

Det er naturlig å tro at folk danner forventninger annerledes hvis utviklingen de observerer er jevn, enn hvis det forekommer tilnærmet upredikerbare nivåskift. Forventningsdannelsen bør derfor være følsom for utviklingen, slik at aktøren opptrer forsiktig ved store svingninger, men mindre varsomt når utviklingen følger en jevn bane. Her er et forslag beskrevet.

$$\hat{y}_{t+1} = \begin{cases} 0.7y_t + 0.2y_{t-1} + 0.1y_{t-2} & \text{hvis } (\Delta_t \cdot \Delta_{t-1}) < 1 \text{ (ustabilitet)} \\ y_t + \text{MIN}(\Delta_t, \Delta_{t-1}) & \text{hvis } (\Delta_t \cdot \Delta_{t-1}) > 1 \text{ (entydig trend)} \end{cases}$$

$\Delta_t = (y_t - y_{t-1}) =$  stigningstall.

Vektene er valgt med tanke på at nivået i den siste perioden har sterkere innflytelse på forventningsdannelsen enn nivå fra tidligere perioder.  $\text{MIN}(\Delta_t, \Delta_{t-1})$  betyr at det leddet inni parentesen med lavest absoluttverdi skal brukes. "Sensitiviteten" er basert på leddet  $(\Delta_t \cdot \Delta_{t-1})$  som betyr  $[(y_t - y_{t-1})(y_{t-1} - y_{t-2})]$ . Hvis begge stigningstallene i dette uttrykket har *samme* fortegn, indikerer det stabilitet. I så tilfelle benyttes forsiktig ekstrapolasjon<sup>7</sup>. Hvis de derimot har *ulikt* fortegn, utvikler korrupsjonsnivået seg med svingninger og ustabilitet, og forventningsdannelsen er stabiliserende. Det matematiske uttrykket som blir brukt i simuleringene er forklart og definert i Ligning (30) i Appendiks iii, punkt 7.

### 4. Læring

Hvis aktørene observerer en utvikling over tid, er det naturlig å anta at de lærer utviklingen å kjenne. Ettersom tiden går, forstår de stadig bedre hva som kommer til å skje, og det er stadig mindre behov for å følge med på utviklingen for å gjøre valg.

Ligning (31) og (32) viser antagelser om nivåene i periode t+1. Estimaten fra perioden før,  $\hat{y}_t$  og  $\hat{b}_t$ , blir vurdert i tillegg til observert nivå,  $y_t$  og  $b_t$ . Vektleggingen av disse verdiene er tidsavhengig på grunn av  $\lambda_t$ . Denne gir observasjoner stor betydning i starten, men stadig mindre vekt etterhvert.

$$\hat{y}_{t+1} = (1 - \lambda_t)\hat{y}_t + \lambda_t y_t \quad (31)$$

<sup>7</sup> Ekstrapolasjonen er *forsiktig* fordi det er det *laveste* stigningstallet som blir ekstrapolert.

$$\hat{b}_{t+1} = (1 - \lambda_t)\hat{b}_t + \lambda_t b_t \quad (32)$$

$$\lambda_t = \frac{1}{t+1}, \text{ det vil si at } t \rightarrow \infty \Rightarrow \lambda_t \Rightarrow 0.$$

Ettersom tiden går, blir estimatene for  $b$  og  $y$  tilnærmet lik fra periode til periode, og etterhvert uavhengig av faktisk endring i nivåene for korrupsjon og bestikkelse. I mange tilfeller er dette en realistisk form for forventningsdannelse, men ved tidsvarierende løsninger vil denne formen ikke være egnet.

#### 4.4 Valg av sannsynlighetsfordeling

Aktørene i modellen, private og byråkrater, er hver for seg identiske, med unntak av det de stokastiske variablene representerer. Disse variablene har en tolkning. De kan også representere aktørenes *moral og holdning* til korrupsjon. Valg av fordeling bør derfor avhenge av *antagelser* om aktørenes holdning til korrupsjon.

For eksempel, hvis  $\pi_j$ , private aktørers fordel ved å bestikke, følger en lineær fordeling med positivt stigningstall, vil det være en antagelse om at de aller fleste ser det som fordelaktig å bestikke en byråkrat. Det oppleves ikke som kriminelt, og jo mer en aktør tjener på det, desto bedre er det. Motsatt vil en fordeling med negativt stigningstall tilsi at folk flest ikke ønsker å bestikke. Det føles galt å betale noen under bordet, og en slik handling vil føre til høy kostnad i form av dårlig samvittighet hos aktøren.

Tilsvarende er det for byråkratene. Dersom  $c_i$ , byråkratenes kostnad ved å være korrupt, følger en lineær sannsynlighetsfordeling med negativt stigningstall, kan en vanlig holdning være at muligheten til å motta bestiklinger er en av jobbens fordeler. Er stigningstallet positivt, er korrupsjon derimot uaktuelt for de fleste.

Ved å kombinere tilsvarende fordelinger, kan det lages en "høy-korrupsjons-versjon" og en "lav-korrupsjons-versjon" av modellen. "Høy-korrupsjons-fordeling" blir kalt LK (*Lineær, Korrump samfunn*). Den andre blir kalt LN (*Lineær, Norge*). Norge er et samfunn med antatt lite korrupsjon, og det er greit å henvise til siden det er velkjent.

I Kapittel 5.5 blir disse versjonene simulert og kommentert.

## 5. Stabilitetsanalyse

---

I forrige kapittel ble det utviklet en dynamisk versjon av Andvig og Moenes modell. Dermed kan modellens stabilitetsegenskaper analyseres. Analysen blir utført ved hjelp av softwareprogrammet Powersim. Dette programmet simulerer modellen slik at alle ligningene i modellen blir løst for et ønskelig antall tidssteg. Hensikten er å studere modellens egenskaper og forstå hvordan den konvergerer. Dette innebærer å finne ut hvor mange likevekter den har, hvilke likevekter som er stabile, betydningen av sannsynlighetsfordelinger, og hvilken effekt valg av initielle verdier og parameterendringer har.

Dette kapitlet blir innledet med en kort redegjørelse for de praktiske sidene ved simuleringsarbeidet. I Kapittel 5.2 blir modellen simulert for syv ulike kombinasjoner av sannsynlighetsfordelinger og generelle resultater blir beskrevet. Parameterendringer og konkrete særtrekk i forhold til antall likevekter og stabilitet blir forklart mer grundig i Kapittel 5.3.

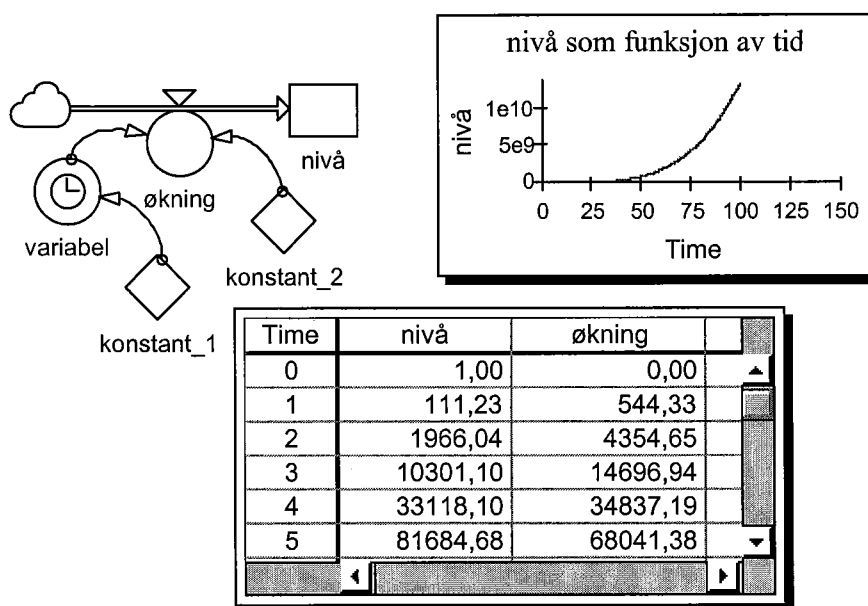
I Kapittel 5.4 blir de fire formene for forventningsdannelse fra Kapittel 4.3 simulert. Hensikten er å finne ut hvorvidt konvergens mot likevektspunktene skjer annerledes under ulike forutsetninger om forventningsdannelse.

Som nevnt i Kapittel 4.4, kan valg av fordelingsfunksjoner inneholde antagelser om holdninger til korrupsjon, og valget bør avhenge av hvilket samfunn det er ønske om å karakterisere. I Kapittel 5.5 blir modellen analysert og kommentert for de kombinasjonene som tilsier henholdsvis omfattende korrupsjon og lite korrupsjon. Kapittel 5.6 er en oppsummering og en redegjørelse for modellens kvalitative egenskaper.

## 5.1 Å simulere en modell i Powersim

En nødvendig forutsetning for at en modell kan simuleres i Powersim, er at den er *fullstendig definert*. Den trenger likevel ikke å være endelig. Men en forutsetning i hvert simuleringsforsøk er at det er en definert antagelse om alle variabler og påvirkningskanaler.

I Powersim blir påvirkninger og variabler beskrevet i et *flytdiagram*, slik det er illustrert i Figur 5.1. Diagrammet, som består av *nivå*symboler og *flytsymboler*, gir en tydelig illustrasjon av modellens struktur. For å studere variablenes utvikling over tid benyttes et eller flere *presentasjonsobjekt*, for eksempel en graf eller en tabell, som viser hvordan nivået utvikler seg for hvert tidssteg.



Figur 5.1. Illustrasjon av en arbeidsflate i Powersim<sup>1</sup>.

I en simulering etterligner Powersim et *tidsforløp* ved å øke den simulerte tiden med  $\Delta t$  for hvert steg. På hvert tidssteg skjer en *iterasjon*, og i hver iterasjon beregner programmet virkningen av alle ligninger og forutsetninger i modellen. Verdien av variablene blir dermed et resultat av *tidligere* iterasjoner og modellantagelser.

Modellens matematiske formuleringer er ikke synlige i flytdiagrammet, men hver variabel har et eget *definisjonsvindu* som kommer frem ved å dobbeltklikke på

<sup>1</sup> Se Appendiks iv for flere eksempler.

symbolet, tilsvarende de i Figur 5.1. Hvert diagram har dessuten en egen side der alle ligningene og forutsetningene i modellen er samlet.

En simulering i Powersim er langt fra tilstrekkelig for å karakterisere modellens egenskaper. Resultatene må bli tolket, og et stort antall simuleringer, med små endringer i forutsetninger eller verdier, kan være nødvendig for å forstå dynamikken i modellen.

I et simuleringsarbeid er det vanlig at noe ikke fungerer. Det kan skyldes at variabler og sammenhenger ikke er fullstendig definert, og kanskje at grensene for parametrene er ufullstendig bestemt. Da er nye antagelser og begrensninger nødvendig. Slikt arbeid, med problemer og forsøk på å finne årsaker, med å fjerne eller maksimere variabler, kan gi en bedre forståelse for modellens matematiske sammenhenger og eventuelle svakheter.

## 5.2 Likevekter og stabilitet i modellen

Tabellen under gir en oversikt over hvilke kombinasjoner som blir simulert.

	$U_{byr}$	$LN_{byr}$	$LK_{byr}$	$S_{byr}$
$U_{prv}$	×			×
$LN_{prv}$	×	×		
$LK_{prv}$	×		×	
$E_{prv}$	×			

Tabell 5.1. Versjoner av modellen som blir simulert

**Forkortelser:** *byr* = byråkrater; *prv* = private aktører; *U* = uniform fordeling; *LN* = lineær fordeling, Norge; *LK* = lineær fordeling, samfunn med mye korrupsjon; *E* = eksponensiell fordeling; *S* =  $\sin^2$ -fordeling.

Alle versjonene av modellen blir simulert for et bestemt parametersett, som i fortsettelsen blir kalt *standardverdiene*:

$y_0 = 0.2$  (initielt korrupsjonsnivå)

$q = 2.500$  (private aktørers *letekostnad*)

$\bar{\pi} = 250.000$  (private aktørers maksimale *fortjeneste*)

$\bar{c} = 250.000$  (byråkratenes maksimale *kostnad*)

$s = 0.2$  (sannsynlighet for å bli *oppdaget* som korrumpert)

$w = 150.000$  (byråkratenes *lønnsnivå*)

$r = 0.5$  (*rente/faktor* for tap ved oppsigelse, der *tapet* er  $\sum_0^{\infty} w(1-r)^n$ )

Hensikten med et standard parametersett er å kunne sammenligne resultatene fra de ulike versjonene (fordelingskombinasjonene) av modellen. Verdiene er valgt nokså tilfeldig. Hvis ikke annet er sagt, ligger dette parametersettet til grunn for resultatene. Ligningene som danner utgangspunkt for simuleringene, er definert tidligere, men blir gjentatt her for oversiktens skyld.

Ligningene i de ulike versjonene		
Modell	Korrupsjonsnivå	Bestikkelse
$U_{\text{byr}}, U_{\text{prv}}$	$y_t = 1 - \left( \frac{\hat{b}_t + q/\hat{y}_t}{\pi} \right)$	$b_t = \frac{y_t \cdot \bar{c} + s(1-y_t)w/r}{1-s}$
$U_{\text{byr}}, LN_{\text{prv}}$	$y_t = \left( 1 - \frac{\hat{b}_t + q/\hat{y}_t}{\pi} \right)^2$	$b_t = \frac{y_t \cdot \bar{c} + s(1-y_t)w/r}{1-s}$
$U_{\text{byr}}, LK_{\text{prv}}$	$y_t = 1 - \left( \frac{\hat{b}_t + q/\hat{y}_t}{\pi} \right)^2$	$b_t = \frac{y_t \cdot \bar{c} + s(1-y_t)w/r}{1-s}$
$U_{\text{byr}}, E_{\text{prv}}$	$y_t = \frac{\tilde{\pi}/\pi + e^{1-\tilde{\pi}/\pi} - 2}{e-2}$	$b_t = \frac{y_t \cdot \bar{c} + s(1-y_t)w/r}{1-s}$
$LN_{\text{byr}}, LN_{\text{prv}}$	$y_t = \left( 1 - \frac{\hat{b}_t + q/\hat{y}_t}{\pi} \right)^2$	$b_t = \frac{\sqrt{y_t} \cdot \bar{c} + s(1-y_t)w/r}{1-s}$
$LK_{\text{byr}}, LK_{\text{prv}}$	$y_t = 1 - \left( \frac{\hat{b}_t + q/\hat{y}_t}{\pi} \right)^2$	$b_t = \frac{\bar{c} - \bar{c}\sqrt{1-y_t} + s(1-y_t)w/r}{1-s}$
$S_{\text{byr}}, U_{\text{prv}}$	$y_t = 1 - \left( \frac{\hat{b}_t + q/\hat{y}_t}{\pi} \right)$	$b_t = \frac{\frac{2\bar{c} \cdot \arcsin \sqrt{y_t}}{\pi} + s(1-y_t)w/r}{1-s}$

Tabell 5.2

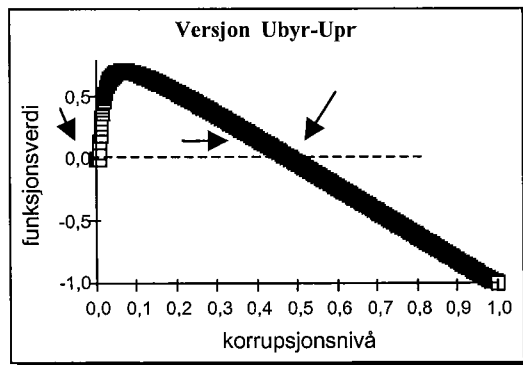
Nivåene for korrupsjon og bestikkelse trenger ikke nødvendigvis å være i to forskjellige uttrykk, men ett uttrykk ville her være tyngre, og ville dessuten gjort

skillet mellom byråkrater og private mindre oversiktlig. Hvis  $b_{t-1}$  derimot inngikk i  $b_t$ -uttrykket, ville det være nødvendig med to-steps algoritmer.

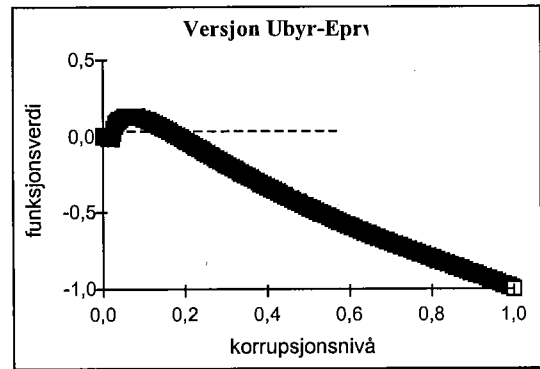
Noen simuleringsresultater er presentert i Figur 5.2, hvor to plott viser *endring* i korrupsjonsnivå *som funksjon* av korrupsjonsnivå. En tilsvarende graf er laget for alle modellversjonene (fordelingskombinasjonene), jfr. Appendiks iv.

Grafen er ikke kjent for aktørene i økonomien, men den er gunstig å bruke i analytisk arbeid<sup>2</sup>. Med denne grafen er det lettere å forstå dynamikken i modellen og mindre tidkrevende å finne de ustabile likevektene.

Det viser seg at grafen har omtrent *den samme formen* for alle modell-versjonene, *gitt* et standard parametersett. Figur 5.2a viser grafen for den første versjonen, med uniform sannsynlighetsfordeling både for byråkrater og private aktører ( $U_{byr}$ ,  $U_{prv}$ ). Figur 5.2b viser grafen for versjonen med unifom fordeling for byråkratene og eksponensiell for private aktører ( $U_{byr}$ ,  $E_{prv}$ ).



Figur 5.2a<sup>3</sup>: Versjon  $U_{byr}$ ,  $U_{prv}$



Figur 5.2b: Versjon  $U_{byr}$ ,  $E_{prv}$

I likevektspunktene er funksjonsverdien lik null. Den stiplede linjen i figurene over er en null-linje, og der kurven krysser null-linjen er det et likevektspunkt. Hos Andvig og Moene er den tilsvarende linjen en  $45^\circ$ -linje, som i Figur 3.1 og Figur 5.4.

Gitt et standard parametersett, har alle versjonene tre likevekter. De er definert som  $y_1$ ,  $y_2$  og  $y_3$ , og har ulike verdier for de ulike modellversjonene. Verdiene er samlet i

<sup>2</sup> Hvordan bildet av funksjonsformen kommer frem i Powersim er forklart i Appendiks iv, punkt G.

<sup>3</sup> Umiddelbart er det kanskje naturlig å tro at uniform/uniform kombinasjonen ( $U_{byr}$ ,  $U_{prv}$ ) *skulle hatt* en lineær funksjonsform. En generell forklaring er som over, at funksjonsformen ikke kun er avhengig av de stokastiske variablene, og at resultatet av et *samspill* mellom to lineære funksjoner ikke nødvendigvis er lineært. Funksjonsformen er ikke lineær pga.  $q/y$ -leddet.

Tabell 5.3 nedenfor. Punktene  $y_1$  og  $y_3$  representerer *stabile* likevekter, mens  $y_2$  er en *ustabil* likevekt. I Figur 5.2a er de *stabile* likevektene markert med piler.

I Tabell 5.3 er det et punkt,  $y_4$ , som er definert for alle fordelingskombinasjonene. Dette punktet representerer en *modell-teknisk* grense for korrupsjonsnivået. Det er nærliggende å tro at nivå rundt  $y_4$  skulle konvergere mot  $y_3$ , men ved  $y > y_4$  blir korreksjonen så stor at nivået hopper ned forbi  $y_2$  og konvergerer mot  $y_1$ . Slik overkorreksjon kan kanskje forekomme i det virkelige liv<sup>4</sup>, men den kan også komme av svakheter ved modellen. En måte å unngå den på er å innføre *treghet* i systemet, for eksempel med maksimal tillatt korreksjon per iterasjon.

Modell	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
$U_{byr}, U_{prv}$	0.0	0.015	0.344	0.706
$U_{byr}, LN_{prv}$	0.0	0.018	0.207	0.577
$U_{byr}, LK_{prv}$	0.0	0.015	0.445	0.710
$U_{byr}, E_{prv}$	0.0	0.025	0.183	0.523
$LN_{byr}, LN_{prv}$	0.0	0.034	0.060	0.160
$LK_{byr}, LK_{prv}$	0.0	0.014	0.625	0.918
$S_{byr}, U_{prv}$	0.0	0.010	0.297	0.840

Tabell 5.3: Verdien av korrupsjonsnivåene  $y_1$ -  $y_4$  for de ulike modell-versjonene.

Verdiene i Tabell 5.3 indikerer at fordelingskombinasjonene for de stokastiske variablene har liten betydning for *antall* likevekter i denne modellen. De har imidlertid en vesentlig betydning for *hvor* likevektsnivået for korrupsjon havner.

<sup>4</sup>For eksempel ved annonsering av amnesti for tidligere tilfeller av korrupsjon, men høy straff for nye.

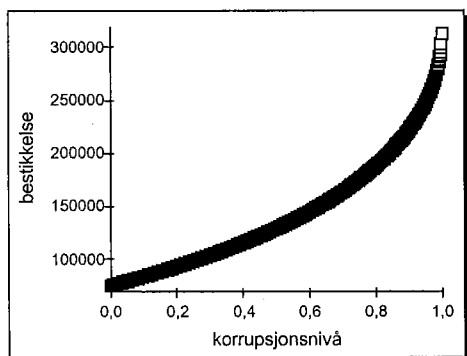


### Stabilitet og ustabilitet

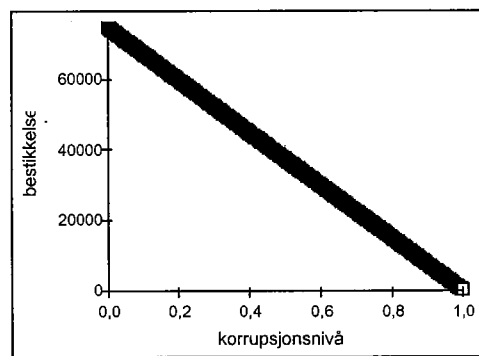
$y_1$  og  $y_3$  er (lokale) *stabile* likevektsnivå, gitt standard parametervalg. I et diagram hvor  $y_{t+1}$  blir vist som funksjon av  $y_t$ , vil en  $45^\circ$ -linje gå gjennom likevektspunktene (som Figur 3.1 og Figur 5.4). Den deriverte i  $y_1$  og  $y_3$ , vil ha en verdi slik at  $-1 < dF/dy < 1$  (der  $F$  er neste funksjonsverdi,  $y_{t+1}$ ). Kurvens *stigningstall* er med andre ord avgjørende for stabiliteten i et likevektspunkt<sup>5</sup>, eksempler vil senere demonstrere dette.

I Tabell 5.3 er  $y_1=0.0$  for alle fordelingskombinasjonene i modellen. Skal  $y_1 > 0.0$  må  $q=0$ . Dette forklarer også konvergens mot  $y_1$ . Hvis  $y_t$  har en svært lav verdi, vil leddet  $q/y_t \rightarrow \infty \Rightarrow \tilde{\pi} \Rightarrow \bar{\pi} \Rightarrow y_{t+1} \rightarrow 0$ , jfr. ligningene i Tabell 5.2.

For forholdet mellom  $y$  og  $b$  er verdien på  $\bar{c}$  betydningsfull. Dette blir illustrert i Figur 5.3, først med standard verdi på  $\bar{c}$ , og deretter med  $\bar{c}=100$ .



Figur 5.3a: Forholdet mellom  $y$  og  $b$  når  $\bar{c} = 250.000$



Figur 5.3b: Forholdet mellom  $y$  og  $b$  når  $\bar{c} = 100$

Når  $\bar{c}$  har en relativt *høy* verdi<sup>6</sup>, øker  $b$  med  $y$ , det vil si at økt etterspørsel fører til et høyere bestikkelsesnivå. Hvis  $\bar{c}$  derimot har en relativt *lav* verdi, *avtar*  $b$  med økt  $y$ , jfr. ligningene for  $b$  i Tabell 5.2. Hvis  $\bar{c}$  har en lav verdi, blir bestikkelsen,  $b$ , ikke tilstrekkelig påvirket av korrupsjonsnivået,  $y$ , til at den kan fungere som markedsklarerende. Økende etterspørsel vil redusere prisen når  $\bar{c}$  er lav.

<sup>5</sup>Ref. R.Shone (1997). Shone illustrerer dette poenget, men bare at stabilitet krever  $dF/dy < 1$ . I simuleringene har det vist seg at også  $dF/dy < -1$  gir ustabilitet (oscillasjoner).

<sup>6</sup> Når  $c_i$  følger en uniform fordeling, må  $\bar{c} > sw/r$ .

Likevektsnivået  $y_2$  er ustabil og  $dF(y_2)/dy > 1$ . Ustabiliteten kan sammenlignes med en kule som balanserer på en annen, og betingelsen for at  $y = y_2$ , er at  $y_0 = y_2$ . Avvik gir en bevegelse bort fra  $y_2$ , slik at  $y_0 = y_2 + \varepsilon$  gir konvergens mot  $y_3$ , mens  $y_0 = y_2 - \varepsilon$  gir konvergens mot  $y_1$ .

Ved andre parameterverdier kan  $dF(y_3)/dy < -1$ . Likevekten  $y_3$  vil i så tilfelle ikke lenger være stabil. Modellen forsøker å konvergere mot  $y_3$ , men overkompenserer og oscillerer hele tiden. Oscilleringen skjer mellom to bestemte nivå, og linjen mellom punktene for nivåene<sup>7</sup> vil stille seg inn på et stigningstall  $dF/dy = -1$ . Dette er en slags konvergens, men med regelmessige fluktasjoner rundt likevektsnivået. Ved kortere tidssteg blir fluktasjonene mindre, og ved å innføre en stabiliserende form for forventningsdannelse i modellen, kan de faktisk fjernes, jfr. Kapittel 5.4.

### 5.3 Parameterendringer og dynamikk

Ifølge Andvig og Moenes statiske modellbetraktninger, kan parameterendringer endre antall likevekter ved *skift* i kurven. Slike skift i kurven er ikke observert for denne dynamiske versjonen av modellen. Her viser kurven punkter også utenfor likevekt, og både tilbud og etterspørsel er representert i den samme kurven. Her kan parameterendringer istedenfor ha innvirkning på funksjonsformen, og på den måten påvirke *antall* likevekter.

#### *Små parameterendringer*

Det er utført simuleringer for å finne effekten av *mindre parameterendringer* på likevektsnivåene, og verdiene i Tabell 5.4 indikerer betydningen av de ulike parametrene.

$dy/dw$  er ikke i tabellen. Det er unødvendig fordi  $dy/dr = -dy/dw$ , jfr. Ligning (20).  $dy/dq$  er heller ikke tatt med fordi utslagene av endringer i  $q$  er små i nærheten av  $y_3$ . Merket ( $\sim$ ) betyr at  $dF(y_3)/dy < -1$ , det vil si oscillasjoner rundt likevekten.

<sup>7</sup> Nivåene blir funnet ved å simulere korrupsjonsnivå i forhold til tidssteg (vanlig simulering), mens stigningstallet mellom punktene blir vurdert i et diagram som viser korrupsjonsnivå ( $y_t$ ) i forhold til forrige korrupsjonsnivå ( $y_{t-1}$ ), det som er kalt 'diagram med 45°-linje gjennom likevektspunktene'.

<b>Effekt på <math>y_3</math> av 1% parameterendringer for like initielle verdier</b>					
<b>Modell</b>	<b>Standard- verdier <math>y_3</math></b>	<b>dy/ds</b>	<b>dy/dr</b>	<b>dy/dc</b>	<b>dy/d<math>\bar{\pi}</math></b>
$U_{byr}, U_{prv}$	0.344	-0.58	+0.29	-0.60	+0.58
$U_{byr}, LN_{prv}$	0.207	-0.96	+0.48	-0.48	+1.44
$U_{byr}, LK_{prv}$	0.45 (~)	(~)	(~)	(~)	(~)
$U_{byr}, E_{prv}$	0.183	-1.14	+0.54	-1.09	+0.92
$LN_{byr}, LN_{prv}$	0.0601	-0.50	+0.29	-0.33	+7.65*
$LK_{byr}, LK_{prv}$	0.625	-0.32	+0.26	-0.64	+0.64
$S_{byr}, U_{prv}$	0.297	-0.91	+0.33	-1.01	+1.68

Tabell 5.4

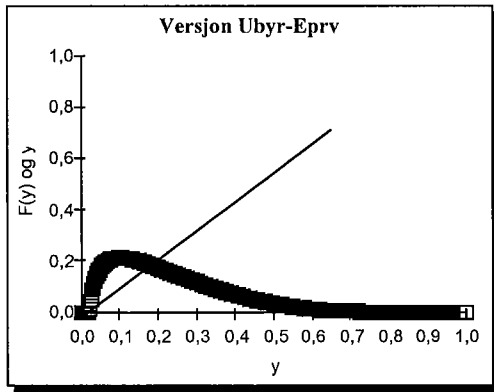
**Parameterendringer kan påvirke antall likevekter**

I det følgende blir betydelige effekter av parameterendringer forklart og illustrert. Større parameterendringer kan endre *både* funksjonsform og *antall* likevekter. Dette blir illustrert i plottene fra Powersim i Figur 5.4-5.8.

**Parameteren  $q$** 

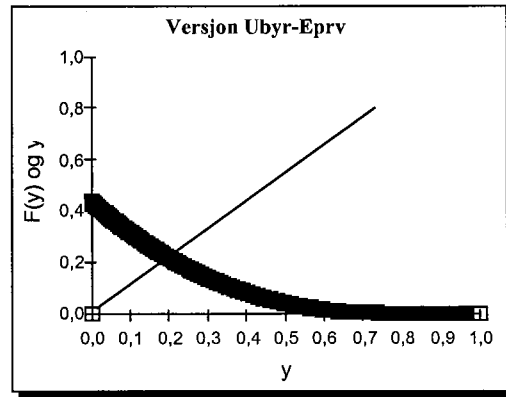
Plottene i Figur 5.4 viser hvordan parameteren  $q$  (kostnad for private aktører) kan påvirke antall likevekter i modellversjonen  $U_{byr}, E_{prv}$ . Grafene er definert på samme måte som hos Andvig og Moene, med 0,0 som origo og en 45°-linje som kurven krysser i likevektspunktene.

\* Utregningen er faktisk riktig, og  $\bar{\pi}$  var særlig utslagsgivende i denne versjonen. Se også effekt av  $\bar{\pi}$  i den samme versjonen i Appendiks iv.B.



Figur 5.4a:  $q=2.500$

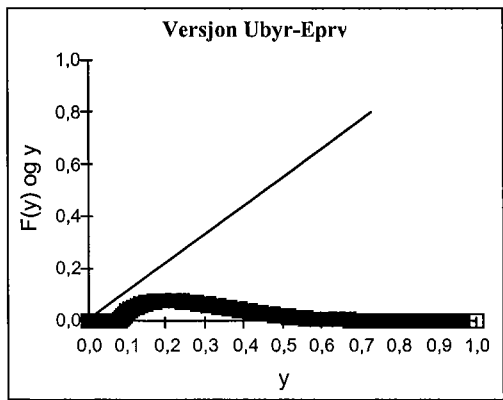
I begge figurene:  $y_{t+1}$  som funksjon av  $y_t$ .



Figur 5.4b:  $q=0$ .

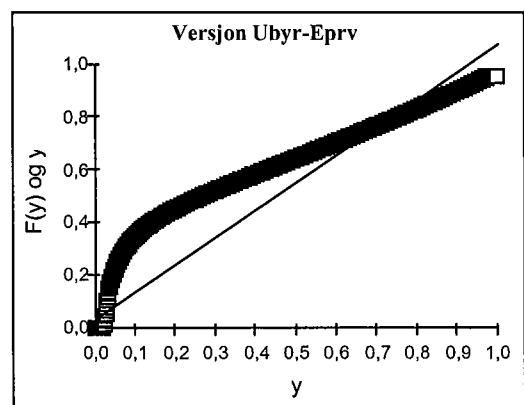
Funksjonen i Figur 5.4a er definert med standard parametersett. Den er den samme som vist i Figur 5.2b, og modellen har *to stabile likevekter* og *en ustabil*, jfr. Tabell 5.3. I Figur 5.4b er  $q = 0$ .  $y_1$  er forsvunnet, og *bare én likevekt* gjenstår, nemlig en *høy likevekt*<sup>8</sup> (Korrupsjonsnivået er høyt gitt parametersettet).

I Figur 5.4c er  $q=10.000$ , mens alt annet er som i 5.4a.  $y_3$  er forsvunnet, og den *eneste stabile* likevekten representerer et *lavt* korrupsjonsnivå. Også i plottet 5.4d er  $q=10.000$ , men her er også  $\bar{c}$  endret, fra  $\bar{c}=250.000$  til  $\bar{c}=1.000$ . Som forklart i Kapittel 5.2, er effekten at korrupsjonsnivået blir fullstendig etterspørselsstyrt, uten justering av  $b$ .



Figur 5.4c:  $q=10.000$

I begge figurene:  $y_{t+1}$  som funksjon av  $y_t$ .

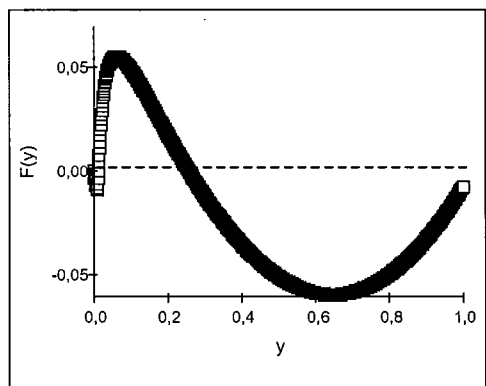


Figur 5.4d:  $q=10.000$  og  $\bar{c}=1.000$

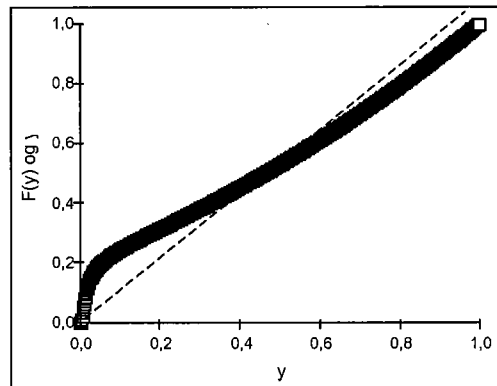
#### Parameteren $\bar{\pi}$

Under følger noen plott for å illustrere betydningen av  $\bar{\pi}$ , maksimal fortjeneste for private aktører ved å bestikke en byråkrat. Plottene er laget med versjonen  $LN_{byr}$ ,  $LN_{priv}$ , og med et annet parametersett enn det som er standard. Det nye parametersettet

er  $q=800$ ,  $s=0.35$  (høy),  $\bar{c}=100$  (svært lav),  $\bar{\pi}=250.000$ ,  $r=0.5$ ,  $w=150.000$ . Når  $\bar{c}$  har en lav verdi, kan kurven som nevnt ha et positivt stigningstall også for høye verdier på  $y$ . I denne illustrasjonen er diagrammene laget med en null-linje, men er også illustrert med 45°-linje i Figur 5.5b.

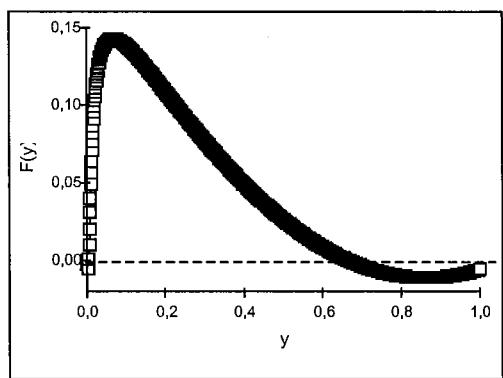


Figur 5.5a: Endring i  $y$  som funksjon av  $y$ .

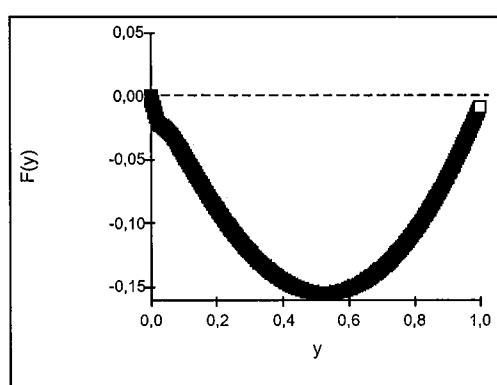


Figur 5.5b:  $y_{t+1}$  som funksjon av  $y_t$ .

I Figur 5.5a er  $y_1=0.0$  og  $y_3=0.258$  de stabile likevektene. I Figur 5.5c under, har  $\bar{\pi}$  fått en høyere verdi,  $\bar{\pi}=300.000$ , noe som har forandret likevektene til  $y_1=0.0$ ,  $y_2=0.007$  (ustabil) og  $y_3=0.661$  (stabil). Økningen i  $\bar{\pi}$  på cirka 17% førte til en økning i korrupsjonsnivået på 155%. Det er et tilsvarende eksempel i Appendiks iv.B. I begge tilfellene virker modellen overfølsom for endringer i  $\bar{\pi}$ .



Figur 5.5c:  $\bar{\pi}=300.000$



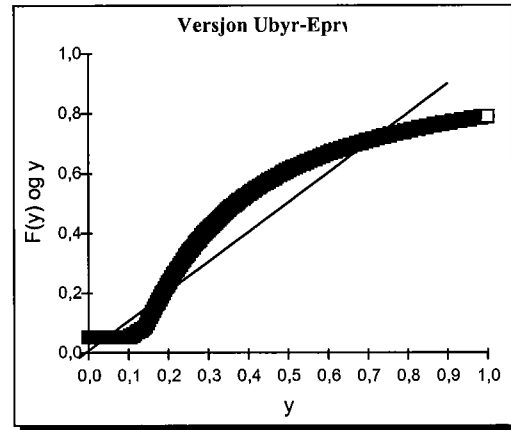
Figur 5.5d:  $\bar{\pi}=200.000$

Som Figur 5.5d viser, ble funksjonsformen sterkt påvirket av en reduksjon i  $\bar{\pi}$  til 200.000. Den eneste stabile likevekten er nå i  $y_1=0.0$ .

<sup>8</sup> I Appendiks iv.E er det et tilsvarende eksempel.

### Etterligning av Figur 3.1

Til høyre i Figur 5.6 er det laget et plott for å etterligne en figur av Andvig og Moene, tilsvarende Figur 3.1. Versjonen er  $U_{\text{byr}}$ ,  $E_{\text{prv}}$  (uniform/eksponensiell) og parametersettet er  $q=12.000$  (svært høy),  $s=0.05$  (svært lav),  $\bar{c}=0$  (ekstrem),  $\bar{\pi}=250.000$ ,  $r=0.5$ ,  $w=150.000$ . Med dette parametersettet ble likevektsnivåene på korrupsjon og bestikkelse  $y_1=0.07$  og  $b_1=4.588$  i den lave likevekten, og  $y_3=0.709$  og  $b_3=14.657$  i den høye. For å gjenskape en funksjonsform tilsvarende den presentert av Andvig og Moene, se Figur 3.1, var det nødvendig med urealistiske parameterverdier, samt egendefinerte skranker for  $y$ .



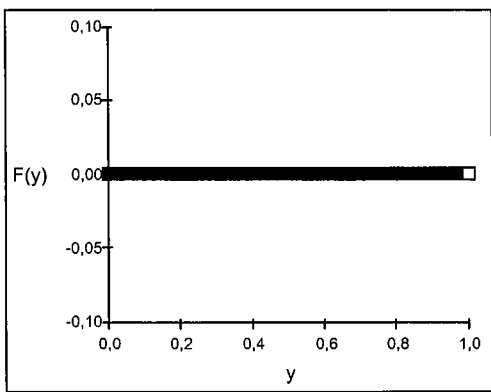
Figur 5.6: Etterligning av Figur 3.1

### For bestemte parametre kan modellen ha uendelig mange likevekter

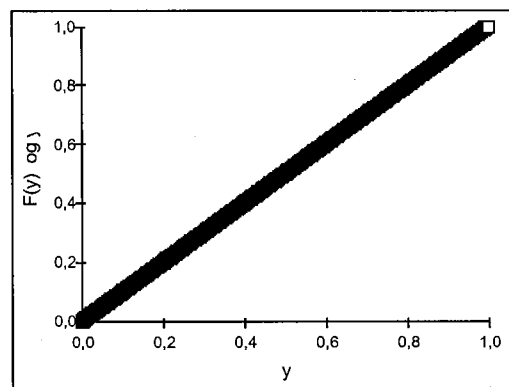
Hvis  $s = \frac{\bar{\pi}}{\bar{\pi} + w/r}$ ,  $q = 0$  og  $\bar{c} = 0$  og standardverdier ellers,

kan modellen ha *uendelig mange stabile* likevekter hvis  $\pi_j$ , private aktøres

fortjeneste ved å være korrupt, følger en *uniform* fordeling. Dette er illustrert i Figur 5.7, først i null-linje-diagram, deretter med 45°-linje<sup>9</sup>.



Figur 5.7a: Uendelig mange likevekter.



Figur 5.7b: Uendelig mange likevekter.

<sup>9</sup> Null-linje-diagram: Sammenhengen mellom initielt korrupsjonsnivå og korreksjon.  
45°-linje-diagram: Sammenhengen mellom  $y_i$  og  $y_{i-1}$

## 5.4 Forventninger og påvirkning på konvergens

I Kapittel 4.3 er det beskrevet fire ulike måter å danne forventninger på, jfr. Ligning (28)- (31). I dette kapittelet blir *forventningsdannelsens betydning for modellen* diskutert.

### *Forutsetninger om forventningsdannelse og reell utvikling*

I modeller som inkluderer estimering, *kan* estimatet ha påvirkning på utviklingen som blir estimert, men det trenger ikke å være tilfelle. Hvis estimatet, som *i denne* modellen, har reell innvirkning fordi aktørenes atferd blir påvirket aggregert, *kan* det også ha innvirkning på hvorvidt en likevekt blir nådd. *Forutsetninger om* forventningsdannelse kan derfor være av betydning for hvordan modellen konvergerer.

Det er vanskelig å vite *hvordan* aktører gjør seg sine anslag i virkeligheten. Ved å studere alternative former for forventningsdannelse, er det mulig å få et inntrykk av hvilken betydning selve antagelsen om forventningsdannelse har i modellen.

Hvis én bestemt form for forventningsdannelse skal benyttes i en modell, bør den selvsagt bli valgt utifra hva som er mest realistisk, og ikke ut fra hva som gir en stabiliserende effekt i modellen. Alle de fire typene som er beskrevet *kan være* realistiske, men de kan også være dårlige valg. Under følger to eksempler.

*Eksempel 1:* Forventninger basert på ekstrapolasjon er å *anta at observert trend vil fortsette*. Hvis stigningstallet på  $y_t$  (i modellen) er konstant, er ekstrapolasjon av den deriverte (Ligning 28) en realistisk antagelse om aktørenes forventningsdannelse. Er stigningstallet derimot sterkt varierende, vil aktøren jevnt gjøre seg forventninger som ikke slår til. Modellen vil vise større nivåsvingninger enn det som er rimelig å anta om virkeligheten.

*Eksempel 2:* Forventningsdannelsen som her er blitt kalt *læring*, Ligning (31) og (32), er et fornuftig valg, så sant modellen forklarer et nivå som naturlig konvergerer mot en likevekt. Hvis modellen skal forklare et nivå som utvikler seg periodisk, er denne forutsetningen om forventningsdannelse ikke fullt så god. Da vil modellen predikere en utvikling mot en bestemt likevektsverdi, selv om nivået for likevekt i virkeligheten varierer over tid. (Se Figur 5.9d)

Eksemplene antyder at forutsetninger om forventningsdannelse bør avhenge av hvordan nivået som blir estimert faktisk utvikler seg.

### ***Simuleringene***

De alternative formene for forventningsdannelse er analysert ved hjelp av Powersim. Hensikten er å forstå hvordan modellen blir endret som følge av at estimeringsmetoden blir forandret. Det blir lagt vekt på *stabiliserende effekt*, *overkompensasjon*<sup>1</sup>, betydningen av *tidssteg*, og *tempoet* for likevektskonvergens<sup>2</sup>.

Videre blir det innført tidsvariasjon i en parameter for å studere *sensitiv forventningsdannelse* og *læring* når likevektsnivået varierer over tid.

### ***Ekstrapolative forventninger og konvergenstempo***

I de første simuleringene er fire modell-versjoner (fordelingskombinasjoner) simulert med forventninger basert på ekstrapolasjon av stigningstall, Ligning (28), og ekstrapolasjon av den 2. deriverte, Ligning (29). Resultatene er presentert i Tabell 5.5.

Simuleringene er gjort med vanlige tidssteg (V) og med korte (K). De korte tidsstegene er en tiendedel av de lange. Ved 1/10 tidssteg blir korreksjonen 1/10 av antatt forandring i korrupsjonsnivået. "Antatt forandring" endrer seg for hvert tidssteg. Utviklingen i korrupsjonsnivået blir av den grunn annerledes med korte tidssteg, og grafen som viser nivå-utvikling er ikke bare en sammentrykning av grafen med lengre tidssteg.

Tallene i tabellen viser antall iterasjoner frem til likevekt. (Tallene for korte tidssteg har én desimal fordi det er *ti* tidssteg for hvert ordinære tidssteg). Der tallene er i parentes har det ikke vært konvergens mot en entydig likevekt, men oscilleringer mellom to bestemte punkter. Likevektsnivået for modellversjonene er de samme som i

<sup>1</sup> Ekstrapolative forventninger kan gi utslag i *overkompensasjon*. Det vil si at aktørene korrigerer sin atferd for sterkt og utviklingen/nivået blir ustabil. Overkompensasjon er realistisk hvis aktører ikke korrigerer sin atferd ofte nok i forhold til utviklingen. Hvis aktører gjør *én* korreksjon per tidssteg og *lengden på tidssteg* blir kortere, vil korreksjonene være mindre. Et eksempel kan være en som vurderer løpende utgifter i forhold til inntekter. Ubalanse blir naturligvis raskere oppdaget hvis budsjettet blir justert ukentlig istedetfor årlig, og korreksjonene blir mindre. Årlig justering vil lettere føre til *overkompensasjon*.

<sup>2</sup> Generelt er det ikke bare interessant å vite *om* likevekt blir nådd, men det er også viktig å skjønne *når*. Kunnskap om konvergenstempo kan gi forståelse for hvordan tempoet kan bli påvirket. Spesielt hensiktsmessig er det å ha slik forståelse hvis likevektstilstand er velferdsoptimalt.



Tabell 5.4 siden simuleringene er gjort med det parametersettet som er definert som standard.

<b>Ekstrapolasjon og konvergenstempo</b>								
<i>Fordelinger</i>	LN <sub>byr</sub> , LN <sub>prv</sub>		LK <sub>byr</sub> , LK <sub>prv</sub>		S <sub>byr</sub> , U <sub>prv</sub>		U <sub>byr</sub> , E <sub>prv</sub>	
<i>Likevekt</i>	0.06		0.625		0.297		0.183	
<i>Tidssteg</i>	V	K	V	K	V	K	V	K
$\hat{y}_{t+1} = y_t$	7	11,1	45 (9)	11,0	5	4,2	13	14,1
<i>2 perioder</i> $\lambda = 1,5$	10	11,0	(13)	11,2	(4)	4,4	14	14,2
<i>2 perioder</i> $\lambda = 2$	28	10,9	(9)	11,4	(8)	4,5	15	14,3
<i>3 perioder</i>	66	10,9	(8)	11,3	(2)	4,5	15	14,3

Tabell 5.5

Denne øvelsen er av noe eksperimentell karakter. Resultatene i Tabell 5.5 gir derfor ikke grunnlag for generelle slutninger. De viser imidlertid at ekstrapolasjon *kan være destabiliserende*, noe som er naturlig hvis modellen i utgangspunktet raskt konvergerer mot likevekt. Ved *små tidssteg* har ekstrapolasjon liten betydning. Dette er logisk siden korreksjonene skjer ofte. Av tabellen fremgår det at modellen blir mer robust mot oscillasjoner dersom tidsstegene er korte. Å sammenligne konvergenstempo for vanlige og korte tidssteg har ellers lite for seg. Hva som er raskest er avhengig av funksjonsformen.

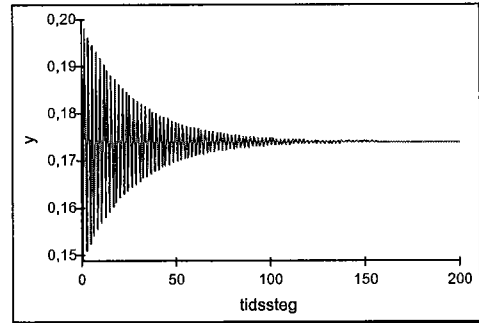
### ***Adaptive<sup>3</sup> former for forventningsdannelse og likevektskonvergens***

I denne analysen blir *sensitiv forventningsdannelse og læring* simulert i én og samme modell-versjon. En stabiliserende effekt viser ikke så godt når parametersettet er det som er definert som *standard*, fordi dette settet stort sett gir likevektskonvergens. I denne analysen er derfor *èn* av parametrene endret. Denne endringen skaper sterk grad av ustabilitet i modellen *uten* sensitiv forventningsdannelse eller læring. *Med* slike estimeringsmetoder blir likevekt nådd ganske raskt.

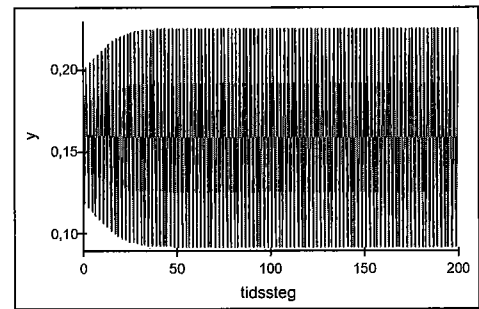
<sup>3</sup> Begrepet *adaptiv* betyr *tilpassende* og blir ofte brukt om forventningsdannelse. Det passer på det som her er kalt *sensitiv forventningsdannelse og læring* fordi disse metodene er påvirket av utviklingen som blir estimert. *Ekstrapolasjon* er derimot en måte å estimere på som ikke forandrer seg med utviklingen.

*Modellversjonen* i illustrasjonen er  $S_{\text{byr}}, U_{\text{prv}}$  ( $\sin^2/\text{uniform}$ ) fordi denne versjonen viser ustabilitet i Tabell 5.5. *Endringen* er i parameteren  $\bar{c}$ , byråkratenes maksimale kostnad ved å være korrumpert. Standardverdi på  $\bar{c}$  er  $\bar{c} = 250.000$ . I illustrasjonen er  $\bar{c} = 380.000$  i Figur 5.8a, og  $\bar{c} = 400.000$  i Figur 5.8b-d. Ellers er alt annet likt, også tidsstegene er normale. Figurene er hentet fra simuleringer i Powersim<sup>4</sup>.

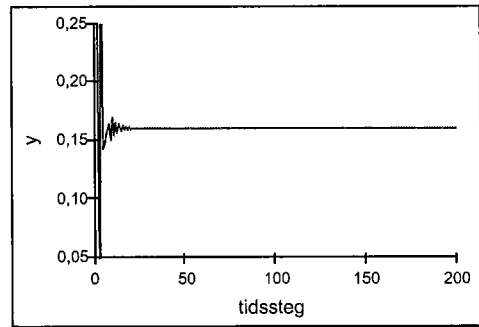
*Figur 5.8a:* Versjon  $S_{\text{byr}}, U_{\text{prv}}$  uten adaptiv forventningsdannelse. Standard parametersett, men med  $\bar{c} = 380.000$ . Simuleringen viser langsom konvergens, og først etter 119 iterasjoner er et stabilt likevektsnivå nådd.



*Figur 5.8b:* Når parameteren  $\bar{c}$  justeres opp til  $\bar{c} = 400.000$  er det ingen likevekt i modellen.

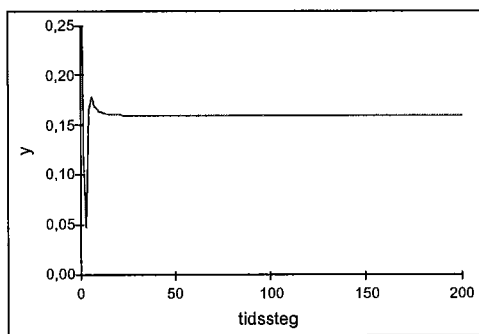


*Figur 5.8c:* Versjon  $S_{\text{byr}}, U_{\text{prv}}$  og sensitiv forventningsdannelse, jfr. Ligning (30).  $\bar{c} = 400.000$ . Likevekt er nådd etter 27 iterasjoner.



*Figur 5.8d: Læring*

Denne formen for forventningsdannelse har sterk stabiliserende effekt. Likevekt er nådd etter 15 iterasjoner.



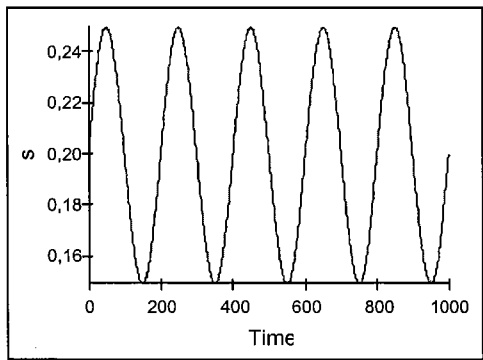
<sup>4</sup> I Appendiks iv er simulering av ulike former for forventningsdannelse illustrert.

De to formene for adaptiv forventningsdannelse bør ikke direkte sammenlignes. I simuleringen med *læring* ble både  $y$  og  $b$  estimert, mens med *sensitiv forventningsdannelse* ble bare verdien på  $y$  estimert. Begge viser imidlertid betydelig påvirkning på hvordan modellen forklarer korrupsjonsnivå, med en sterk stabiliserende effekt.

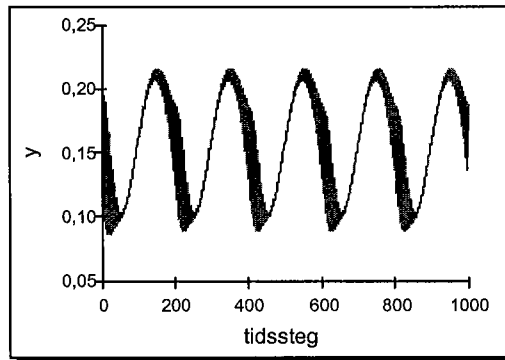
### ***Adaptiv forventningsdannelse og likevektsnivå som varierer over tid***

Simuleringsresultatene som er illustrert i Figur 5.9a-d, viser den samme modellen og det samme parametersettet som i Figur 5.8b-d på forrige side. Forskjellen er at en av parametrene,  $s$  (eksogen sannsynlighet for å bli tatt), er definert til å variere periodisk, slik at  $s = 0.2 + 0.05 \cdot \sin[\pi(\text{tidssteg}/100)]$ . For hvert 200. tidssteg er det en ny svingning, og maksimalt utslag er  $\pm 0.05$ .

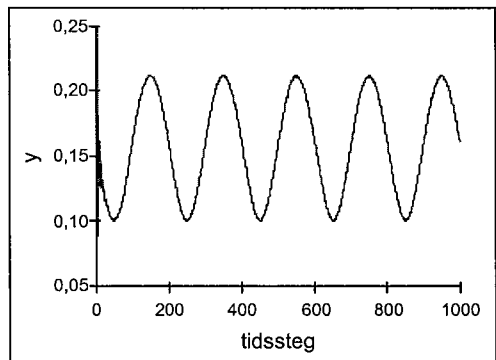
*Figurene:* 5.9a viser hvordan  $s$  varierer med tid, 5.9b viser effekten på korrupsjonsnivået *uten* adaptiv forventningsdannelse, 5.9c viser nivåutviklingen med *sensitiv* forventningsdannelse, mens 5.9d viser betydningen av å anta læring.



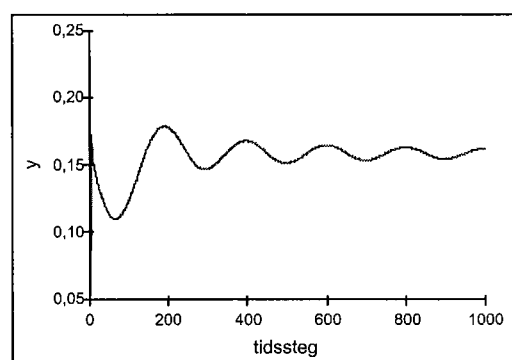
Figur 5.9a: Periodisk utvikling i  $s$ .



Figur 5.9b: Uten adaptiv forventningsdannelse. Her er det ustabilitet.



Figur 5.9c: Sensitiv forventningsdannelse. Stabil likevekt som varierer i verdi over tid.



Figur 5.9d: Læring. Stabil likevekt som varierer i verdi over tid.

Tilsvarende variasjoner av parametre og likevekter over tid, forekommer i det virkelige liv. Den formen for forventningsdannelse som her blir kalt *læring*, er ikke egnet for modeller som skal beskrive slike situasjoner, fordi den vil søke en *stasjonær* likevekt. Her vil estimeringsmetoder av den typen som er *sensitiv* for tidsvariasjoner, virke mer realistisk.

## 5.5 Fordelingsvalg og samfunnskarakteristikk

I dette avsnittet fortsetter kommentaren i Kapittel 4.5 om tolkning og valg av fordeling. Versjonene 'høy-korrupsjon-samfunn' (LK) og 'lav-korrupsjon-samfunn' (LN) blir studert videre. Simuleringsresultater for disse versjonene er gjengitt i Tabell 5.3, men kun for *standardverdier* på variablene. Versjonene er også simulert for andre parametersett, LK-versjonen for parametre som tilsier mye korrupsjon og LN-versjonen for "ekstra norske verdier".

I utgangspunktet skal ikke modellen beskrive et bestemt samfunn, men heller påvirkningskanaler i en bestemt situasjon. Antagelser om hvilke fordelinger de stokastiske variablene i modellen følger, er likevel antagelser om det samfunnet som er ramme for spillet. Sammenlignet med hverandre er fordelingskombinasjonene LK/LK og LN/LN tydelige antagelser om samfunn. Hensikten med å simulere med andre parametersett enn standardverdier, er å forsterke antagelsene om samfunnsforhold og se hvilke effekter det har.

### *Versjonen som tilsier omfattende korrupsjon, LK*

Simuleringsresultatene over viser at denne kombinasjonen av fordelinger resulterer i det høyeste korrupsjonsnivået,  $y_3=62.5\%$  basert på standardverdiene. Når parametersettet er endret slik at lønnsnivået, sannsynlighet for straff og letkostnad har lavere verdier, blir korrupsjonsnivået naturligvis enda høyere. Men det øker *bare litt*! Det nye parametersettet er  $s=0.1$ ,  $r=0.1$ ,  $w=25.000$ ,  $q=500$ ,  $\bar{c} = \bar{\pi} = 50.000$ , og det nye likevektsnivået (tilsvarende  $y_3$  over) ble 68.7% med dette parametersettet.

Verdiene er valgt med tanke på et korrupt utviklingsland, men enkeltverdier kan være vilkårlige<sup>1</sup>.

### *Versjonen som tilsier lavt korrupsjonsnivå, LN*

Effekten av å velge fordelinger som tilsier lavt korrupsjonsnivå er betydelig, og nivået på  $y_3=6\%$ , er det laveste i Tabell 5.2. Tilsvarende over er versjonen simulert for "ekstra norske verdier". Settet  $s=0.3$ ,  $r=0.5$ ,  $w=300.000$ ,  $q=10.000$ ,  $\bar{c} = \bar{\pi} = 1.000.000$  resulterte i en konvergens mot  $y_3=5.8\%$ .

## 5.6 Kvalitative egenskaper ved modellen

*Både* kombinasjon av sannsynlighetsfordelinger og parameterverdier har betydning *både* for korrupsjonsnivå og antall likevekter. Alle versjonene synes å ha tre likevektsnivåer, to stabile og ett ustabil. Det lave stabile likevektsnivået er lik null. Ved enkelte parametervariasjoner endres modellen til kun å ha ett av de stabile likevektsnivåene. Når sannsynlighetsfordeling over private aktørers fortjeneste er uniform, er det mulig å vise at modellen kan ha uendelig mange likevekter.

Modellen er *i likevekt* når korrupsjonsnivået holder seg konstant over flere perioder. Dette skjer når nivåene på bestikkelse og korrupsjon er lik de estimerte verdiene. Når dette ikke er tilfelle, er modellen *utenfor likevekt*.

Dersom funksjonen  $y_t(y_{t-1})$  har tre likevekter og  $-1 < dF/dy(y_3) < 1$ , vil det være konvergens mot  $y_3$ , gitt initiell verdi mellom  $y_2$  og  $y_4$ . Ved *adaptiv forventningsdannelse* (sensitiv og læring) er dette konvergens også ved  $dF/dy(y_3) < -1$ . Generelt har det vist seg at valget av estimeringsmetoder i modellen, har sterk påvirkning på hvordan modellen forklarer at korrupsjonsnivået utvikler seg og hvor raskt et likevektsnivå blir nådd.

En *parameter-verdi* er uvesentlig i seg selv, fordi det er verdi *relativt* til andre parametre som er interessant og gir utslag i modellen. Når  $\bar{c}$  er på nivå som standard-

<sup>1</sup> Ligningene i Tabell 5.2 viser at *forholdet* mellom parametrene er av større betydning enn størrelsen på dem, og med en prosentvis reduksjon i alle parameterne ville effekten blitt enda mindre.

verdi, vil  $b$  og  $y$  følge hverandre, slik at høy  $b$  gir høy  $y$ . Ved lav verdi på  $\bar{c}$  endres dette.

Under simuleringene har modellen vist seg urealistisk følsom overfor endringer i parameteren  $\bar{\pi}$ . Dette har vist seg som sterk påvirkning på likevektsnivået  $y_3$ , som ved moderate endringer i  $\bar{\pi}$  kunne forsvinne eller øke kraftig.

I forsøket med å simulere et samfunn med mye korrupsjon og et med lite, viste det seg at fordelingskombinasjon var mer utslagsgivende på korrupsjonsnivået enn parameterverdier. Kanskje er det slik også i virkeligheten, at holdninger til korrupsjon er mer utslagsgivende for nivået enn hva parameterverdier er.

## 6. Diskusjon

---

### *"How Corruption May Corrupt"*

Da den dynamiske versjonen av modellen ble utviklet, var det et mål å endre så lite som mulig i forhold til den statiske modellen. Likevel er den statiske og den dynamiske versjonen av modellen blitt ganske forskjellige.

#### *a) Sannsynlighetsfordeling og antall likevekter*

I Andvig og Moene sin modell er sannsynlighetsfordelingen for variabelen  $c_i$  avgjørende for antall likevekter. Det skyldes at denne fordelingen avgjør *tilbudskurvens funksjonsform*, og at en antatt dynamikk kun er avhengig av tilbudssiden, jfr. Kapittel 3.2. I *forsøkene* som er gjort med den dynamiske modellen, har imidlertid sannsynlighetsfordelingen *hatt liten* påvirkning på antall likevekter. Riktignok kan det ikke sees bort fra at det finnes fordelinger som kan ha en slik påvirkning, men Andvig og Moene sin påstand holder ikke generelt.

#### *b) Parameterendringer og antall likevekter*

Både for den statiske og den dynamiske versjonen blir det påstått at parameterendringer kan påvirke antall likevekter. Andvig og Moene illustrerer parameterendringer som *skift* i tilbudskurven, jfr. Figur 3.1. I den dynamiske versjonen er både tilbud og etterspørsel representert i kurvens funksjon, og her er det ikke observert skift som beskrevet av Andvig og Moene.

#### *c) Illustrasjon av dynamikk*

Andvig og Moene sin måte å illustrere dynamikken på i den statiske modellen er gjengitt i Figur 3.1. Figur 5.6 er ment å være en etterligning av denne funksjonsformen, med  $y_1 > 0$  og to stabile likevekter. For å lage en slik etterligning måtte parametersettet være urealistisk, og det var dessuten nødvendig å bryte forutsetninger fra Andvig og Moene.

d) *"Korrupsjon er korrumperende"*

En sentral påstand er at det initielle korrupsjonsnivået er avgjørende for hvilket nivå som blir realisert. Selv om denne påstanden også holder for den dynamiske versjonen, har det initielle korrupsjonsnivået her liten betydning. For begge versjonene er det størrelsen på initielt korrupsjonsnivå *i forhold til* korrupsjonsnivået i en ustabil likevekt som er avgjørende. I den dynamiske analysen har det vist seg å kun være *én* ustabil likevekt,  $y_2$ , og i forsøkene har verdien på denne likevekten vært svært lav, som oftest under 0.03, jfr. Tabell 5.3. Initielt korrupsjonsnivå må være av samme størrelsesorden som den ustabile likevekten for å ha betydning for hvilken likevekt som blir realisert, og derfor har dette nivået ikke blitt viet mer oppmerksomhet.

e) *Korrupt eller ikke*

Andvig og Moene forklarer at de to stabile likevektene i modellen representerer et høyt korrupsjonsnivå og et lavt. Dette er blitt tolket<sup>1</sup> som om land enten kan bli karakterisert som korrupt, eller som ikke-korrupt. Selv om analysen av den dynamiske versjonen av modellen også gir to stabile likevekter, kan hverken dette arbeidet eller indeksen til Transparency International støtte en slik tolkning, jfr. Kapittel 3.2. Siden modellen er én-dimensjonal, må nødvendigvis den ene likevekten betraktes som *høy i forhold til* den andre. Den som representerer et høyt nivå har dessuten vært sterkt varierende, avhengig av parameterverdier og fordelingskombinasjon.

***Utvikling av modellen***

De viktigste målsetninger med Kapittel 4.1 og 4.2 var å konstruere en dynamisk versjon av modellen. Modellen ble også gjort *eksplisitt* og utviklet for *ulike sannsynlighetsfordelinger*. Fordelen med en eksplisitt modell er at den gjør det mulig å sette inn verdier og regne ut konkrete resultater. Å utvikle modellen for ulike sannsynlighetsfordelinger var nødvendig for å forstå *betydningen av at* noen variabler i modellen følger en bestemt fordeling. Det ble understreket at en antagelse om fordelinger kan være en antagelse om hvordan folk tenker.

---

<sup>1</sup> Moene (1993)



### ***Stabilitetsanalyse***

Med den dynamiske versjonen ble det mulig å studere modellens egenskaper i Powersim. Av det simuleringsarbeidet som er gjort, virker det som om modellen kan ha enten *én, to* eller *uendelig* mange *stabile* likevekter. Som forklart i Kapittel 5, er modellen *i likevekt* når korrupsjonsnivået holder seg konstant over flere perioder. Dette skjer når nivåene på bestikkelse og korrupsjon er lik de estimerte verdiene. Når så ikke er tilfelle, er modellen *utenfor likevekt*. Antagelser om estimeringsmetode er følgelig av betydning for likevektskonvergens. Antall likevekter, og modellens *kvalitative* egenskaper generelt, virker i liten grad avhengig av sannsynlighetsfordeling for de stokastiske parametrene.

### ***En kurve til hjelp for likevektsanalyse***

I denne formen for analyse viser det seg at en graf, tilsvarende den som viser endring i korrupsjonsnivå som funksjon av korrupsjonsnivå, jfr. Figur 5.2 og 5.4, er gunstig å bruke i teoretisk arbeid med å forstå dynamikk. Kombinert med vanlige simuleringer og tabeller, kan den gi en god oversikt over likevektene i den dynamiske modellen. For litt mer kompliserte dynamiske *system* (med flere dimensjoner), lar det seg ikke gjøre å lage tilsvarende kurver.

Kurven er ellers informativ i forhold til Andvig og Moene sin påstand om at korrupsjon er korrumperende, nettopp fordi den viser *hvor* korrumperende et korrupsjonsnivå er. Noe av nytten ligger i at grafen også viser korrupsjonsnivåene *utenfor likevektene*, gitt et *hvilket som helst* initielt korrupsjonsnivå.

### ***Konvergenstempo og forventningsdannelse***

Hvorvidt likevekter blir nådd er et sentralt tema, men forståelse for *konvergenstempoet* er også viktig. For eksempel under tiltak for å begrense korrupsjon er det nødvendig å vite *på hvilket tidspunkt* nivået bør være i en (lav) likevekt. For ulike parametersett, er det mulig at et slikt tidspunkt varierer med *år*. Hvis det skulle være indikasjoner på at det ønskede nivået ikke ble nådd, ville korrupsjonsbekjemperne vite *når* det var grunn til å se etter feilberegninger av parametre eller feil i modellen.

Endringer i de fleste parametrene kan påvirke både konvergenstempoet og om likevekt i det hele tatt blir nådd. I denne analysen ble det rettet noe oppmerksomhet mot *forutsetninger om forventningsdannelse*, og det viste seg at slike forutsetninger kan ha

stor betydning for konvergenstempoet. Det er vanskelig å vite hvordan folk gjør seg sine forventninger. At forutsetninger om forventningsdannelse har betydelig innvirkning på utviklingen i korrupsjonsnivået, kan derfor være en årsak til avvik mellom modell og virkelighet.

### ***Valg av forventningsdannelse***

Valg av *antagelse om* estimeringsmetoder ble noe diskutert i Kapittel 5. Det er naturligvis viktig å velge en metode som er realistisk. Som i denne modellen, kan aktørenes forventningsdannelse ha betydelig påvirkning på nivå som modellen skal forklare. Et argument i Kapittel 5 var at selv om forventningsdannelsen hos aktørene kan virke realistisk, må også måten forventningsdannelsen påvirker nivået på være realistisk. Dette ble illustrert med figurer fra simuleringsarbeid. Fire ulike former for forventningsdannelse var studert. Den som ble kalt *læring* og den som ble kalt *sensitiv* hadde sterk stabiliserende innvirkning på korrupsjonsnivået, noe som ikke nødvendigvis er et realistisk trekk.

### ***Hensiktsmessigheten ved å videreutvikle modellen***

Videreutviklingen har *praktisk verdi* i den grad modellen blir bedre i stand til å forklare hvordan parametrene kan påvirke korrupsjonsnivået. Det er mulig å bruke analyseresultatene til å forstå et bestemt miljø. For eksempel hvis sannsynlighetsfordelinger tolkes som indikatorer for holdninger til korrupsjon, antyder analysen at holdningskampanjer kan være vel så virkningsfullt på korrupsjonsnivået som å øke lønnsnivået eller heve straffen for korrupsjon. Og hvis parameterverdier defineres slik at de representerer et bestemt miljø, for eksempel en etat i et byråkrati, kan modellen kanskje bidra til økt forståelse for korrupsjon i dette miljøet. Det *totale korrupsjonsnivået* kan modellen derimot ikke forklare fordi den ikke er omfattende nok.

I det første avsnittet ble enkelte forskjeller mellom den statiske og den dynamiske versjonen av modellen kommentert. På sentrale punkt førte den dynamiske analysen til andre observasjoner enn de Andvig og Moene finner ved sin statiske analyse, selv om begge versjonene er ment å forklare det samme. I seg selv begrunner ikke dette at en statisk modell bør videreutvikles til å bli dynamisk, men det er et argument for at dynamikk bør forklares med en dynamisk modell.

Å utvikle en statisk modell til å bli dynamisk kan være tidkrevende, og nytteverdien av arbeidet bør bli vurdert i forhold til kostnadene. Det kan tenkes at det ville være mer hensiktsmessig å lage en *ny* dynamisk modell, istedenfor å ta utgangspunkt i en allerede eksisterende statisk. Uten målet om å gjøre færrest mulig endringer i forhold til utgangspunktet, ville det være rom for å lage en *bedre* modell, både fordi svakheter kom til syne, og fordi nyere forståelse om hva som påvirker korrupsjon kunne blitt inkludert. Noe av hensikten med dette arbeidet var imidlertid å sammenligne en statisk og en dynamisk versjon av den samme modellen.

### ***Mulige videreføring***

Det er flere interessante videreføring av dette arbeidet. Som nevnt er det en del variabler som etter alt å dømme påvirker korrupsjon, men som ikke er med i denne modellen. Å inkludere flere variabler, og spesielt makrobaserte størrelser, er derfor en mulig forbedring, jfr. forslag i Kapittel 3.2. Flere variabler i modellen kunne ha vært endogene eller blitt bestemt på en bedre måte, jfr. eksemplene i Kapittel 3.2 om varierende bestikkelse og endogen sannsynlighet for å bli tatt. Dessuten kunne de ulike parametrene blitt definert i tråd med empiri om disse størrelsene.

Modellen kunne også blitt viderutviklet til å være to-dimensjonal med *både* korrupsjonsnivå og bestikkelse som variable. Da kunne antallet byråkrater som i en periode er positive til å være korrupt, blitt bestemt uavhengig av etterspørselen i den samme perioden.

Trolig ville bruken av sannsynlighetsfordelinger blitt mer realistisk hvis variablene ikke bare fulgte en fordeling, men ble trukket tilfeldig fra en fordeling ved såkalt *Monte-Carlo-trekning*. En annen interessant videreføring av simuleringsarbeidet, er å la flere parametre variere over tid.

Det er ellers mulig å endre selve *historien*. For eksempel kunne *én* byråkrat møte *flere* aktører, og ikke bare *én*, per transaksjon. Da kunne korrupsjon ved anbuds konkurranser blitt diskutert, noe som er høyst aktuelt. Endringer i historien må imidlertid vurderes opp mot det å lage en helt ny modell.

***Dynamisk analyse innen samfunnsfag***

Å diskutere bruken av dynamisk analyse for å forklare samfunnsfaglige observasjoner, blir omtrent som diskusjonen om hvorvidt matematikk generelt er egnet. Dynamiske metoder er fremdeles lite anvendt innen samfunnsfag. Bruk av slike verktøy kan imidlertid føre til kunnskap om viktige mekanismer i et samfunn og om hvordan en parameterendring påvirker eventuelle likevektsnivå. Dette kan videre bidra til økt forståelse for hvilke tiltak som er nødvendig for å styre likevektsnivået i en ønsket retning.

## Referanser

---

### *Korrupsjon*

- Alesina, A. og Weder, B. (1999) *Do Corrupt Governments Receive Less Foreign Aid?*, NBER Working Paper 7108, National Bureau of Economic Research, Cambridge, USA.
- Amundsen, Inge (1999) *Political Corruption: An Introduction to the Issues*, CMI Working Paper 1999:7. Bergen: Chr. Michelsens Institutt.
- Andvig, J.C. og Moene, K.O. (1990) *How Corruption May Corrupt*, Journal of Economic Behavior and Organization 13, 1990, pp 63-76, North-Holland.
- Andvig, J.C. (1991) *Economic Analysis of Corruption*, NUPI.
- Bah, I & Okeahalam, C.C (1998) *Perceived Corruption on Investment in Sub-Saharan Africa*, The South African Journal of Economics, Vol.66, no.3, 1998, pp. 364-386.
- Besley, T. & McLaren, J. (1993) *Taxes and Bribery: The role of Wage Incentives*, The Economic Journal, 1993, pp.119-141.
- Bjerkeland, K.M. (1998) *Korrupsjon: En studie av skatteadministrasjonen i Tanzania*, CMI Report 1998:7. Bergen: Chr. Michelsens Institutt.
- Campos, J. Edgardo, Lien, Donald and Pradhan, S. (1999) *The Impact of Corruption on Investment: Predictability Matters*, World Development, vol.27, no.6, 1999, pp.1059-1067.
- Chand, Sheetal K. & Moene, Karl O. (1999) *Controlling Fiscal Corruption*, World Development, Vol. 27, No.7, 1999, pp 1129-1140.
- Fjeldstad, Odd-Helge (1999a) *Controlling Fiscal Corruption: Theoretical approaches and illustrations from Tanzania*, CMI Working Paper 1999:6. Bergen: Chr. Michelsens Institutt.
- Fjeldstad, Odd-Helge (1999b) *Korrupsjon*, i Hagen, Rune Jansen & Pedersen, Karl R. (red.) (1999) *Fordeling og vekst i fattige land*, Bergen: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- Fjeldstad, Odd-Helge (1998) *Korrupsjon*, CMI Working Paper 1998:8. Bergen: Chr. Michelsens Institutt.
- Gakwandi A., Langseth P. og Ruzidana, A., 1998, *Fighting Corruption in Uganda*, Uganda, Fountain Publishers.
- Good, Kenneth (1994) *Corruption and mismanagement in Botswana – a best-case example?*, Journal of Modern African Studies, vol. 32, no.3, 1994, pp.499-521.
- Gupta, S; Dawoodi, H & Alonso-Terme, R. (1998) *Does Corruption Affect Income Inequality and Poverty?*, IMF Working Paper, WP/98/76, International Monetary Fund, Washington DC.
- Johnston, Michael (1998) *Fighting Systemic Corruption: Social Foundations for Institutional Reform*, i Robinson, Mark (1998) *Corruption and Development*, Franck Cass Publishers, London.
- Khan, Mushtaq H. (1998) *Patron-Client Networks and the Economic Effects of Corruption in Africa*, i Robinson, Mark (1998) *Corruption and Development*, Franck Cass Publishers, London.
- Klitgaard, Robert (1988) *Controlling Corruption*, Berkley, University of California Press.
- Lambsdorff, J. Graf (1998) *An Empirical Investigation of Bribery in International Trade*, European Journal for Development Research, vol. 10, 1998, pp. 40-59.

Lambsdorff, J. Graf (1999) *Corruption in Empirical Research - A Review*, TI Working Paper, <http://www.transparency.de>, Transparency International.

Mauro, Paulo (1995) *Corruption and Growth*, Quarterly Journal of Economics, no.106, vol.2, August 1995, pp. 681-711.

Mauro, Paulo (1997) *The Effects of Corruption on Economic growth, Investment and Government Expenditure* i Kimberly, Ann Elliott (ed.), 1997, s. 83-107.

Mauro, Paulo (1998) *Corruption and The Composition of government Expenditure*, Journal of Public Economics, vol.69, no.2, 1998, pp. 263-279.

Moene, K.O. (1993) Beskrivelse av korrupsjon i *Norsk Samfunnsleksikon*, Pax Forlag A/S, Oslo.

Olsen, Trond & Torsvik, Gaute (1998) *Collusion and Renegotiation in Hierarchies: A case of Beneficial Corruption*, International Economic Review, vol.39, no. 2, May 1998.

Paldam, Martin (1999a) *The Big Patterns of Corruption. Economics, Culture and Seesaw Dynamics*, Department of Economics, University of Aarhus.

Paldam, Martin (1999b) *Corruption and Religion. Adding to the Economic Model*. Department of Economics, University of Aarhus.

Rijckeghem, C. Van & Weder, B. (1997) *Corruption and the Rate of Temptation: Do Low Wages in the Civil Service Cause Corruption?*, IMF Working Paper, WP/97/73, International Monetary Fund, Washington DC.

Robinson, Mark (1998) *Corruption and Development*, Franck Cass Publishers, London.

Rose-Ackerman, Susan & Stone, Andrew H.W (1996) *The Costs of Corruption for Private Business: Evidence from World Bank Surveys*, Washington DC, The World Bank.

Rose-Ackerman, Susan (1999) *Government and Corruption. Causes, Consequences and Reform*, Cambridge, Cambridge University Press.

Tanzi, Vito (1998) *Corruption around the world: Causes, Consequences, Scope and Cures*, International Monetary Fund Staff papers, vol.45, no.4, 1998, pp. 559-594.

Tanzi, V. & Dawoodi (1997) *Corruption, Public Investment and Growth*, IMF Working Paper, WP/97/139, International Monetary Fund, Washington DC.

Tirole, Jean (1996) *A Theory of Collective Reputations (With Applications to the persistence of Corruption and Firm Quality)*, Review of Economic Studies, no.63, 1996, s. 1-22.

Transparency International: <http://www.transparency.de/>

TI Source Book: <http://www.transparency.de/documents/source-book/>

UNDP (1999) *Fighting Corruption to improve Governance*, Management Development and Government Division, Bureau for Development Policy, New York.

Verdensbanken, <http://www.worldbank.org/publicsector/anticorrupt/>

Vogl, Frank (1998) *The supply side of Corruption - does the developing world have to carry the full weight of global anti-corruption efforts?* TI Working Paper, <http://www.transparency.de>, Transparency International.

Wade, Robert, 1982, *The System of Administrative and Political Corruption: Canal Irrigation in South India*, Journal of Development Studies, vol. 18, no.3, 1982, s. 287-328.

Wade, Robert, 1984, *Irrigation Reform in Conditions of Populist Anarchy: An Indian Case*, Journal of Development Economics, vol. 14, no.3, 1984, s. 285-303.

Wei, S. (1999) *Corruption in Economic Development; Beneficial Grease, Minor Annoyance, or Major Obstacle?*, Policy Research Working Paper, WPS2048, Development Research Group, The World Bank, Washington.

### *Metode*

Apostol, Tom M. (1969) *Calculus, Volume II*

Arne-Helge Byrknes (1995) *Powersim for Windows*, Halden, Halden dataservice.

Arrowsmith & Place (1992) *Dynamical Systems*, London, Chapman & Hall/CRC.

Beneveniste, A., Metivier, M., Priouret, P. (1990) *Adaptive Algorithms and Stochastic Approximations*, Springer-Verlag, Berlin.

Berck, Peter & Sydsæter, Knut (1992) *Matematisk Formelsamling for Økonomer*, Universitetsforlaget, Oslo.

Brock, W.A. & Malliaris, A.G. (1989) *Differential Equations, Stability and Chaos in Dynamic Economics*, North-Holland.

Chiang, A.C. (1984) *Fundamental Methods of Mathematical Economics*, McGraw-Hill International Editions.

Eatwell, Milgate and Newman (1987) *The New Palgrave; A Dictionary of Economics*,

Elaydi, S.N. (1996) *An Introduction to Difference Equations*

Gandolfo, Giancarlo (1971) *Mathematical Methods and Models in Economic Dynamics*, North-Holland Publishing Company.

Hamouda, O. and Rowley, R. (1998) *Expectations, Equilibrium and Dynamics*.

Payne, Battman and Johnson (1993) *The Adaptive Decision Maker*, Cambridge, Cambridge University Press.

Shone, Ronald (1997) *Economic Dynamics*, Cambridge, Cambridge University Press.

Schoonbeek, Sterken and Kuipers (ed.) (1995) *Methods and Applications of Economic Dynamics*.

Sydsæther, Knut (1994) *Matematisk Analyse bind I og bind II*, Oslo: Universitetsforlaget.

Varian, Hal R. (1992) *Microeconomic Analysis*, W.W. Norton & Company, USA.

*Appendiks i***Variabelliste**

---

$B$  = bestikkelse som en korrumpert byråkrat betaler dersom han blir oppdaget

$b_i$  = bestikkelsens størrelse

$\hat{b}_i$  = estimert bestikkelse

$\beta = 1/(1+r)$  ; neddiskontering

$C_i^v$  = byråkrats forventede verdi ved å følge en korrumpert strategi

$c_i$  = sum av reelle og moralske kostnader for byråkrat  $i$  ved å være korrumpert

$\tilde{c}_i$  = grenseverdi for  $c_i$ , skiller de korrumperte fra de ærlige

$D$  = funksjon som viser etterspørsel etter korrumperte tjenester

$F((1-s)b-s(1-y)w/r)$  = tilbudet av korrumperte tjenester

$F(c)$  = kumulativ fordelingsfunksjon for  $c_i$

$f(c)$  = tetthetsfunksjon for fordelingen for  $c_i$

$G(\pi)$  = kumulativ fordelingsfunksjon over private aktører

$g(\pi)$  = tetthetsfunksjon for fordelingen for  $\pi_j$

$\pi_j$  = privat aktør sin bruttfordel av den korrumperte tjenesten

$\tilde{\pi}_i$  = variabel som viser skillet mellom aktører med positiv og negativ verdi på  $P_j$

$P_j$  = privat aktør  $j$  sin forventede nettoprofitt ved å bestikke en byråkrat

$q$  = letekostnad, kostnad for private aktører for å finne en byråkrat å bestikke

$r$  = rente

$s$  = eksogen bestemt sannsynlighet for å bli tatt

$U_i(t)$  = nyttefunksjon, forventede konsekvenser ved å være korrumpert

$V_i(t)$  = forventet verdi av rasjonell byråkrat sine valg

$V^N$  = byråkrats forventede verdi av å følge en ikke-korrumpert strategi

$w$  = lønnsnivå

$y_i$  = korrupsjonsnivå

$\hat{y}_i$  = estimert korrupsjonsnivå



*Appendiks ii***Sammendrag av modellen**

---

*Utgangspunktet fra Andvig og Moene er ligningene (1)-(9)*

$$P_j = \pi_j(b) - q_j/y \quad (1)$$

$$D = D(b, y) \quad (2)$$

$$V_i(t) = w + \max [b - c_i + U_i(t), \beta V_i(t+1)] \quad (3)$$

$$U_i(t) = (1-s)\beta V_i(t+1) + s[y[\beta V_i(t+1) - B] + (1-y)(-b)] \quad (4)$$

$$V^N = w / (1-\beta) \quad (5)$$

$$v_i^c = \frac{w + b(1-s) - c_i}{1-\beta(1-s(1-y))} \quad (6)$$

$$\tilde{c} = (1-s)b - s(1-y)w/r \quad (7)$$

$$F((1-s)b - s(1-y)w/r) = y \quad \text{for } 0 \leq y \leq 1 \quad (8)$$

$$b = f(y) \quad (9)$$

$$y_t = F((1-s)b - s(1-y_{t-1})w/r) \quad (8)'$$

**Fra statisk til dynamisk modell****1. Etterspørselsiden**

Utgangspunkt fra Ligning(1)

$$\tilde{\pi} = b_{t-1} + q/y_{t-1} \quad (10)$$

$$y_t = 1 - G(\tilde{\pi}) \quad (11)$$

$$g(\pi) = \begin{cases} \frac{1}{\bar{\pi}} & \text{for } \pi \in [0, \bar{\pi}] \\ 0 & \text{for } \pi < 0, \pi > \bar{\pi} \end{cases} \quad (12)$$

$$y_t = 1 - G(\pi) = 1 - \left[ \frac{(\hat{b}_t + q/\hat{y}_t)}{\pi} \right] \quad (13)$$

$$g(\pi) = \frac{2\pi}{\pi^2} \quad (14)$$

$$y_t = 1 - G(\tilde{\pi}_t) = 1 - \left( \frac{\tilde{\pi}_t}{\pi} \right)^2 = 1 - \left( \frac{\hat{b}_t + q/\hat{y}_t}{\pi} \right)^2 \quad (15)$$

$$g(\pi) = \frac{2}{\pi} - \frac{2\pi}{\pi^2} \quad (16)$$

$$y_t = \left( 1 - \frac{\hat{b}_t + q/\hat{y}_t}{\pi} \right)^2 \quad (17)$$

$$g(\pi) = \frac{e}{\pi(e-2)} \left[ e^{-\pi/\pi} - \frac{1}{e} \right] \quad (18)$$

$$y_t = 1 - G(\tilde{\pi}_t) = \frac{e-2}{e-2} - \frac{e - (\tilde{\pi}_t/\pi) - e^{1-\tilde{\pi}_t/\pi}}{e-2} = \frac{\tilde{\pi}_t/\pi + e^{1-\tilde{\pi}_t/\pi} - 2}{e-2} \quad (19)$$

$$\text{der } \tilde{\pi}_t = \hat{b}_t + q/\hat{y}_t$$

## 2. Tilbudssiden, byråkratene

$$F^{-1}(y_t) = F^{-1}(F(\tilde{c}_t)) = \tilde{c}_t$$

$$F^{-1}(y_t) = (1-s)b_t - s(1-y_t)w/r \quad (20)$$

$$b_t = \frac{F^{-1}(y_t) + s(1-y_t)w/r}{1-s} \quad (21)$$

$$b_t = \frac{y_t \cdot \bar{c} + s(1-y_t)w/r}{1-s} \quad (22)$$

$$f(c) = \frac{2c}{\bar{c}^2} \quad (23)$$

$$b_t = \frac{\sqrt{y_t} \cdot \bar{c} + s(1-y_t)w/r}{1-s} \quad (24)$$

$$f(c) = -\frac{2c}{\bar{c}^2} + \frac{2}{\bar{c}} \quad (25)$$

$$b_t = \frac{\bar{c} - \bar{c}\sqrt{1-y_t} + s(1-y_t)w/r}{1-s} \quad (26)$$

$$b_t = \frac{\frac{2\bar{c} \cdot \arcsin\sqrt{y_t}}{\pi} + s(1-y_t)w/r}{1-s} \quad (27)$$

### *Forventningsdannelse*

$$\hat{y}_{t+1} = \alpha y_t + (1-\alpha)y_{t-1} \quad (28)$$

$$\hat{y}_{t+1} = 2y_t - y_{t-1} \quad (28)'$$

$$\hat{y}_{t+1} = 3y_t - 3y_{t-1} + y_{t-2} \quad (29)$$

$$\hat{y}_{t+1} = y_t + \frac{\max(K,0)}{K+\varepsilon} Q \cdot \min(|y_t - y_{t-1}|, |y_{t-1} - y_{t-2}|) - \frac{\min(K,0)}{K+\varepsilon} \cdot (0.3y_t - 0.2y_{t-1} - 0.1y_{t-2}) \quad (30)$$

$$K = (y_t - y_{t-1})(y_{t-1} - y_{t-2})$$

$$Q = \frac{(y_t - y_{t-1})}{|(y_t - y_{t-1})| + \varepsilon}$$

$$\hat{y}_{t+1} = (1-\lambda_t)\hat{y}_t + \lambda_t y_t \quad (31)$$

$$\hat{b}_{t+1} = (1-\lambda_t)\hat{b}_t + \lambda_t b_t \quad (32)$$

## Appendiks iii

### Utleddninger

---

#### 1. Forventet letekostnad

Forventet letekostnad er det siste leddet i Ligning (1):  $P_j = \pi_j(b) - q_j/y$

$q_j$  er kostnaden.  $y$  er korrupsjonsnivået, men representerer også sannsynligheten for å finne en korrupt byråkrat. Forventet kostnad per periode,  $k$ :

$$q_j \cdot y + 2q_j(1-y)y + 3q_j(1-y)^2y + 4q_j(1-y)^3y \dots = q_j y [1 + 2(1-y) + 3(1-y)^2 + \dots]$$

$$\Rightarrow q_j \cdot y \sum_{k=1}^{\infty} k(1-y)^{k-1} = \frac{q_j \cdot y}{1 - (1-y)^2} = \frac{q_j \cdot y}{y^2} = \frac{q_j}{y}$$

Jfr. formel for summen av en uendelig geometrisk rekke, for eksempel som i Berck og Sydsæter (1992)

#### 2. Verdien av å følge en korrupt strategi

$$V_i(t) = w + \max [b - c_i + U_i(t), \beta V_i(t+1)] \quad (3)$$

$$U_i(t) = (1-s)\beta V_i(t+1) + s[y[\beta V_i(t+1) - B] + (1-y)(-b)] \quad (4)$$

For begge ligningene er det antatt stasjonæritet og de er uten periodehenvisninger. Nyttefunksjonen Ligning (4) blir satt inn for  $U_i(t)$  i Ligning (3).

$$V_i = w + b - c_i + (1-s)\beta V_i + s[y(\beta V_i - B) + (1-y)(-b)] \quad (3)'$$

$$B = b$$

$$V_i = w + b - c_i + \beta V_i - s\beta V_i + sy\beta V_i - syb - sb + syb$$

$$V_i(1 - \beta(1 - s(1 - y))) = w + b - c_i - sb$$

$$V_i^c = \frac{w + b(1 - s) - c_i}{1 - (1 - s)(1 - y)} \quad (6)$$

### 3. Et uttrykk for grenseverdien, $\tilde{c}$

Utleddningen er å løse  $V_i^C = V^N$  for  $c_i$ .

$$V^N = w / (1 - \beta) \quad (5)$$

$$V_i^C = \frac{w + b(1 - s) - c_i}{1 - \beta(1 - s(1 - y))}$$

$$c_i = w + b(1 - s) - [w - w\beta(1 - s + sy)] / (1 - \beta) = w + b(1 - s) - w - [w\beta s - w\beta sy] / (1 - \beta) \quad (6)$$

$$w / (1 - \beta) = \frac{w + b(1 - s) - c_i}{1 - \beta(1 - s(1 - y))} = b(1 - s) + sw\beta(y - 1) / (1 - \beta)$$

$$\tilde{c} = [(1 - s)b - s(1 - y)]w / r \quad \text{hvis} \quad \beta / (1 - \beta) = 1 / r \quad (7)$$

$\beta / (1 - \beta) = 1 / r$  fordi  $\beta / (1 - \beta) = 1 / r \Rightarrow r\beta = 1 - \beta \Rightarrow r\beta + \beta = 1 \Rightarrow \beta = 1 / (1 + r)$  (som er artikkelens definisjon på  $\beta$ ).

### 4. Avtagende eksponensiell fordeling

Forklaring på Ligning (18):

$$g(\pi) = \frac{1}{A} \left[ e^{-\pi/\pi} - \frac{1}{e} \right] \quad (18)'$$

Funksjonen for kurven er lik  $e^{-\pi/\pi} - 1/e$ , men for en tetthetsfunksjon skal arealet under kurven være lik 1, og A er definert som integralet av kurven.

$$A = \int_0^{\pi} \left( e^{-\pi/\pi} - \frac{1}{e} \right) d\pi = -\frac{\pi}{e} - \frac{\pi}{e} + \pi$$

$$A = \pi \left( 1 - \frac{2}{e} \right) = \pi \left( \frac{e - 2}{e} \right)$$

$$g(\pi) = \frac{e}{\pi(e - 2)} \left[ e^{-\pi/\pi} - \frac{1}{e} \right] \quad (18)$$

$$G(\pi) = \int_0^{\pi} g(\pi) d\pi = \frac{1}{A} \left[ -\pi e^{-\pi/\pi} - \frac{\pi}{e} \right]_0^{\pi} = \frac{1}{A} \left[ -\pi e^{-\pi/\pi} - \frac{\pi}{e} + \pi \right]$$

5. **Lineær fordeling med negativt stigningstall**

$$F(c) = \int_0^c \left( -\frac{2c}{\bar{c}^2} + \frac{2}{\bar{c}} \right) dc = -\frac{c^2}{\bar{c}^2} + \frac{2c}{\bar{c}}$$

$$\Rightarrow y_t = -\frac{\tilde{c}_t^2}{\bar{c}^2} + \frac{2\tilde{c}_t}{\bar{c}} \text{ og } \tilde{c}_t = (1 - \sqrt{1 - y_t}) \cdot \bar{c}$$

Uttrykket lar seg løse som en annengradsligning:

$$\left( \frac{\tilde{c}_t}{\bar{c}} \right)^2 - 2 \left( \frac{\tilde{c}_t}{\bar{c}} \right) + y_t = 0 \Rightarrow \frac{\tilde{c}_t}{\bar{c}} = \frac{2 \pm \sqrt{4 - 4y_t}}{2}$$

$$\frac{\tilde{c}_t}{\bar{c}} < 1 \text{ fordi } \tilde{c}_t \in [0, \bar{c}] \Rightarrow \tilde{c}_t = (1 - \sqrt{1 - y_t}) \cdot \bar{c}$$

$$b_t = \frac{\bar{c} - \bar{c} \sqrt{1 - y_t} + s(1 - y_t) w/r}{1 - s} \quad (26)$$

6. **Sin<sup>2</sup> fordeling og et uttrykk for b<sub>t</sub>**

$$y = F(\tilde{c}) = \sin^2 \left( \frac{c}{\bar{c}} \cdot \frac{\pi}{2} \right)$$

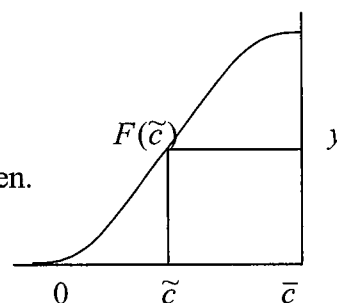
$\sin^2 \left( \frac{c}{\bar{c}} \cdot \frac{\pi}{2} \right)$ ,  $\tilde{c} \in [0, \bar{c}]$ , ligner kumulativ fordelingsfunksjon for en normalfordeling.

Valgte argument (parentesen) sikrer at  $y$  er monotont voksende i  $\tilde{c}$ , dvs. at det finnes en inversfunksjon,  $F^{-1}(y)$ .

Merk spesielt at her er  $\pi \approx 3.14$  og representerer *ikke* private aktørers fortjeneste. Den inverse av sinus er arcsinus, og hvis  $x$  er lik leddene i parentesen over, vil

$$y_t = \sin^2 x \Rightarrow F^{-1}(y_t) = \tilde{c}_t = \frac{2\bar{c}}{\pi} \cdot \arcsin(\sqrt{y_t})$$

Figuren til høyre illustrerer sammenhengene.  $F(\tilde{c})$  er kurven.



$$b_t = \frac{\frac{2\bar{c}}{\pi} \cdot \arcsin \sqrt{y_t} + s(1 - y_t) w/r}{1 - s} \quad (27)$$

## 7. Sensitiv forventningsdannelse

I Kapittel 4.3 er uttrykket for sensitiv forventningsdannelse definert som følger

$$\hat{y}_{t+1} = \begin{cases} 0.7y_t + 0.2y_{t-1} + 0.1y_{t-2} & \text{hvis } (\Delta_t \cdot \Delta_{t-1}) < 1 \text{ (ustabilitet)} \\ y_t + \text{MIN}(\Delta_t, \Delta_{t-1}) & \text{hvis } (\Delta_t \cdot \Delta_{t-1}) > 1 \text{ (entydig trend)} \end{cases}$$

I Ligning (30)<sup>1</sup> er dette uttrykket mer fullstendig.

$$\hat{y}_{t+1} = y_t + \frac{\max(K,0)}{K + \varepsilon} Q \cdot \min(|y_t - y_{t-1}|, |y_{t-1} - y_{t-2}|) - \frac{\min(K,0)}{K + \varepsilon} \cdot (0.3y_t - 0.2y_{t-1} - 0.1y_{t-2}) \quad (30)$$

(ekstrapolasjon)

(stabiliserende)

En av brøkene er lik 0, den andre er 1.

$$Q = \frac{(y_t - y_{t-1})}{|(y_t - y_{t-1})| + \varepsilon} \quad ; \text{ fortegn}$$

$$K = (y_t - y_{t-1})(y_{t-1} - y_{t-2})$$

$Q$  gir fortegn til det stigningstallet med minst absoluttverdi. Brøken er enten 0 eller 1.  $K$  er en *trend-indikator*, og  $K > 0$  betyr *entydig trend* fordi differensene har samme fortegn, mens  $K < 0$  indikerer svingninger og ustabilitet fordi differensene har ulikt fortegn.

$$K < 0 \Rightarrow -\frac{\min(K,0)}{K + \varepsilon} \cdot (0.3y_t - 0.2y_{t-1} - 0.1y_{t-2}) = 0 \quad ; \text{ stabiliserende}$$

$$K > 0 \Rightarrow Q \cdot \frac{\max(K,0)}{K + \varepsilon} \cdot \min(|y_t - y_{t-1}|, |y_{t-1} - y_{t-2}|) = 0 \quad ; \text{ ekstrapolasjon}$$

Merk også at koeffisientene foran  $y$  summerer seg til 1.

<sup>1</sup> Akkurat dette uttrykket ble utviklet etter prøving og feiling i Powersim, men ingen systematisk optimalisering er utført.

*Appendiks iv***Simuleringer**

---

Hensikten med dette appendikset er å vise arbeidet i Powersim med ligninger, diagram, grafer og tabeller. Effekten av parameterendringer er også illustrert, men hvis ikke annet er sagt, har parametrene standardverdier.

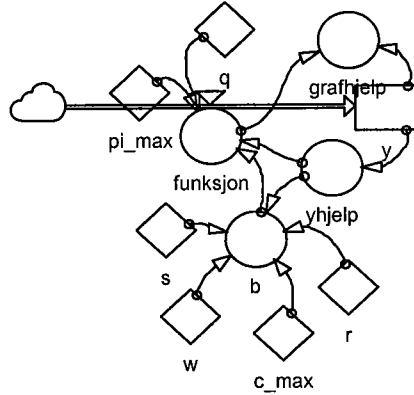
- A  $U_{\text{byr}}, U_{\text{prv}}$  ; og en høyere sannsynlighet for å bli oppdaget,  $s=0.3$ .
- B  $LN_{\text{byr}}, LN_{\text{prv}}$  ; og en økning i fortjenesten av å bestikke,  $\bar{\pi}=300.000$ .
- C  $LK_{\text{byr}}, LK_{\text{prv}}$  ; og halvering av lønnen,  $w=75.000$ .
- D  $U_{\text{byr}}, E_{\text{prv}}$  ; og uten kostnad for byråkratene,  $\bar{c}=0$ .
- E  $S_{\text{byr}}, U_{\text{prv}}$  ; og uten kostnad for de private aktørene,  $q=0$ .
- F Grafen som viser likevekter; illustrert med  $U_{\text{byr}}, LN_{\text{prv}}$ .
- G Adaptive forventninger; ekstrapolasjon basert på tre perioder.
- H Sensitiv forventningsdannelse
- I Læring



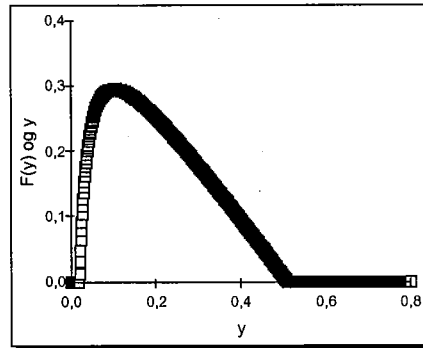
**A** Illustrasjon av kombinasjonen  $U_{byr}$ ,  $U_{prv}$ , og effekten av en økning i sannsynligheten for å bli oppdaget,  $s = 0.3$ .

```

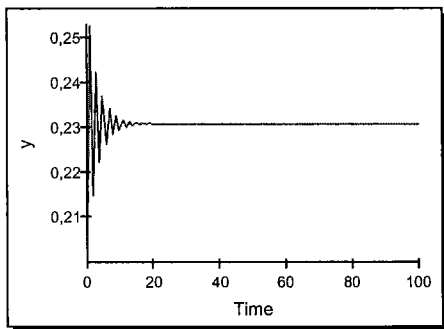
init    y = 0.2
flow    y = +dt*funksjon
aux     funksjon = MAX(1- MIN((b/pi_max)+(q/MAX(yhjelp,0.001))/pi_max,1) - yhjelp, -1)
aux     b = (yhjelp*c_max + (s*(1-yhjelp)) * w/r)/(1-s)
aux     grafhjelp = y+funksjon
aux     yhjelp = MIN(MAX(y,0.0),1)
const   c_max = 250000
const   pi_max = 250000
const   q = 2500
const   r = 0.5
const   s = 0.2
const   w = 150000
    
```



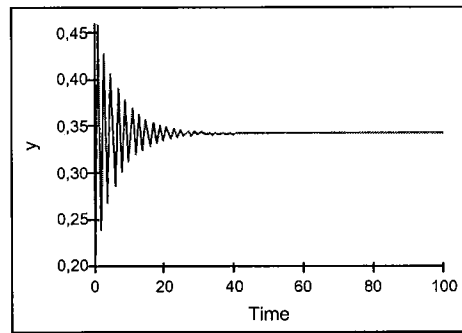
Time	y	funksjon	b
0	0,20	0,26	122500,0
1	0,46	-0,219	184250,0
2	0,241	0,188	132299,5
3	0,429	-0,161	176971,4
4	0,269	0,139	138845,6
5	0,407	-0,119	171761,9
6	0,288	0,103	143496,8
7	0,391	-0,0887	167943,2
8	0,303	0,0767	146885,1
9	0,379	-0,0662	165112,4
10	0,313	0,0573	149383,7
11	0,371	-0,0495	163002,4
12	0,321	0,0429	151238,1
13	0,364	-0,0371	161425,1
14	0,327	0,0321	152619,6
15	0,359	-0,0278	160244,4
16	0,331	0,024	153650,8
17	0,355	-0,0208	159360,0
18	0,334	0,018	154421,6
19	0,352	-0,0156	158697,3



Funksjonskurven er allerede illustrert for denne versjonen i Figur 5.2a. Her er den illustrert med 45°-linje og  $s=0.3$ . Under er økning i  $s$  fra  $s=0.2$  til  $s=0.3$  illustrert. Korrupsjonsnivået synker fra 34% til 23%.



$s=0.3$



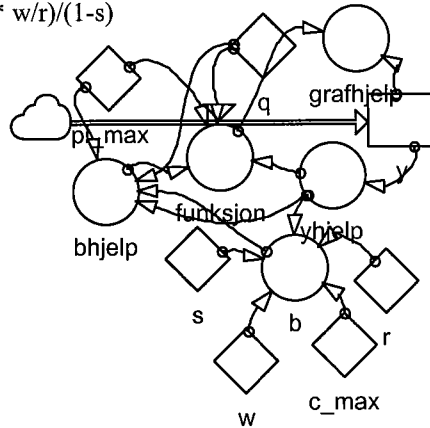
$s=0.2$

**B Illustrasjon av kombinasjonen  $LN_{byr}$ ,  $LN_{prv}$ , og effekten av en økning i fortjenesten ved å bestikke,  $\bar{\pi} = 300.000$ .**

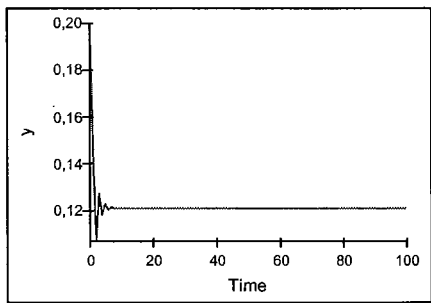
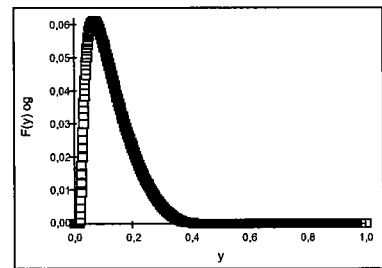
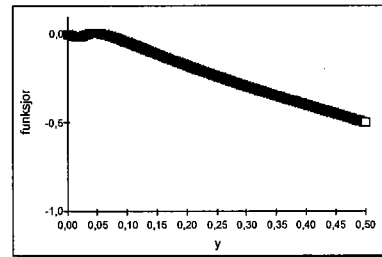
Her var begrenset korreksjon på 0.05 per iterasjon nødvendig for konvergens, fordi  $y_0 = 0.2 > y_4 = 0.16$ , jfr. Tabell 5.3.

```

init    y = 0.2
flow    y = dt*funksjon
aux     funksjon = MAX(MIN((1-MIN(((bhjelp+(q/MAX(yhjelp,0.0)))/pi_max),1))^2 -yhjelp,0.05),-
        0.05)
aux     b = (SQRT(yhjelp)*c_max + (s*(1-yhjelp)) * w/r)/(1-s)
aux     bhjelp = MAX(MIN(b,pi_max-q/yhjelp), 0)
aux     grafhjelp = y+funksjon
aux     yhjelp = MIN(MAX(y,0.0),1)
const   c_max = 250000
const   pi_max = 250000
const   q = 2500
const   r = 0.5
const   s = 0.2
const   w = 150000
    
```



Time	y	funksjon	b
0	0,20	-0,05	199754,25
1	0,15	-0,05	184780,73
2	0,10	-0,0449	166321,18
3	0,0551	0,00329	144216,68
4	0,0584	0,00125	146126,71
5	0,0596	0,000368	146839,16
6	0,06	0,0000972	147046,48
7	0,0601	0,0000249	147101,17
8	0,0601	0,00000634	147115,18
9	0,0601	0,00000161	147118,74
10	0,0601	0,000000408	147119,65
11	0,0601	0,000000103	147119,88
12	0,0601	0,0000000262	147119,94
13	0,0601	6,6424247e-9	147119,95
14	0,0601	1,6840535e-9	147119,95
15	0,0601	4,269577e-10	147119,95
16	0,0601	1,082465e-10	147119,96
17	0,0601	2,744373e-11	147119,96
18	0,0601	6,957837e-12	147119,96
19	0,0601	1,763971e-12	147119,96



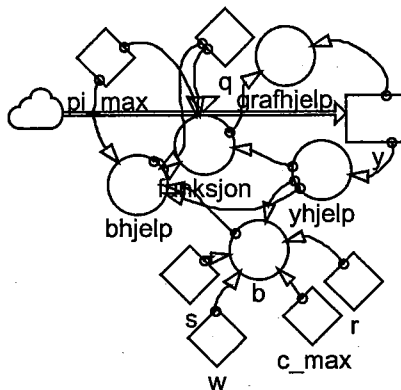
$\bar{\pi} = 300.000$

En økning i  $\bar{\pi}$  fra 250.000 til 300.000 hevet korrupsjonsnivået fra 6% til 12%. Denne økningen er urealistisk stor, og modellen virker overfølsom overfor endringer i denne parameteren

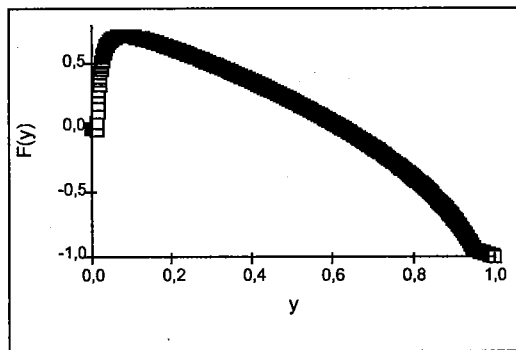
**C** Illustrasjon av kombinasjonen  $LK_{byr}$ ,  $LK_{prv}$ , og effekten av at lønnsnivået blir halvert,  $w=75.000$ .

```

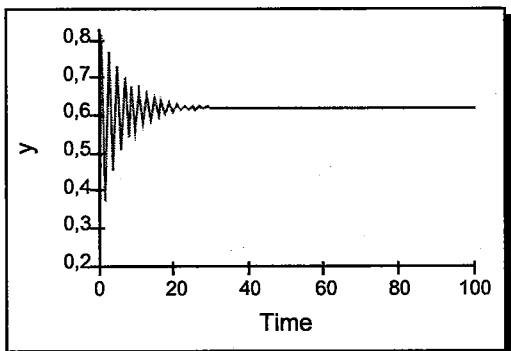
init   y = 0.2
flow   y = +dt*funksjon
aux    funksjon = MAX(MIN(1-(MIN(((bhjelp+(q/MAX(yhjelp,0.0)))/pi_max),1))^2 -yhjelp, 1), -1)
aux    b = (c_max-(c_max*SQRT(1-yhjelp)) + (s*(1-yhjelp)) * w/r)/(1-s)
aux    bhjelp = MAX(MIN(b,pi_max-q/yhjelp), 0)
aux    grafhjelp = funksjon+y
aux    yhjelp = MIN(MAX(y,0.0),1)
const  c_max = 250000
const  pi_max = 250000
const  q = 2500
const  r = 0.5
const  s = 0.2
const  w = 150000
    
```



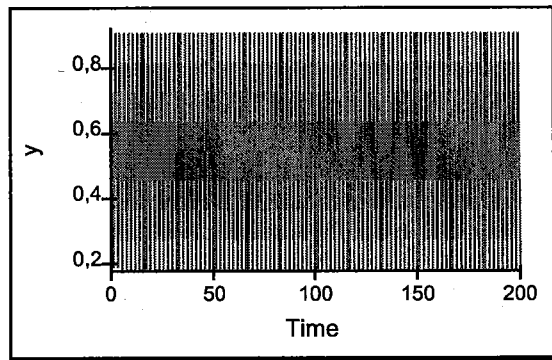
Time	y	funksjon	b
0	0,20	0,709	62991,50
1	0,909	-0,714	221555,0
2	0,195	0,715	62305,57
3	0,91	-0,718	221978,0
4	0,192	0,718	61893,39
5	0,91	-0,72	222222,2
6	0,19	0,72	61655,56
7	0,91	-0,721	222359,4
8	0,189	0,721	61521,89
9	0,911	-0,722	222435,4
10	0,189	0,722	61447,94
11	0,911	-0,722	222477,0
12	0,188	0,722	61407,40
13	0,911	-0,723	222499,7
14	0,188	0,723	61385,29
15	0,911	-0,723	222512,1
16	0,188	0,723	61373,26
17	0,188	0,723	61373,26



Med et lønnsnivå på  $w=75.000$ , alt annet likt, er det ingen likevektskonvergens i modellen.



$w=150.000$



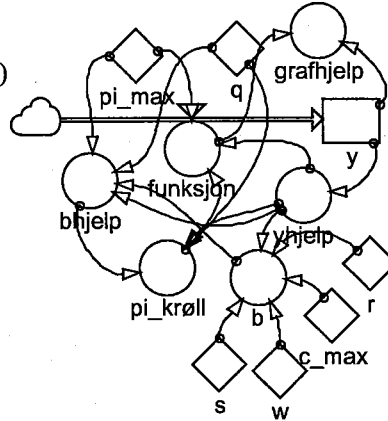
$w=75.000$

**D Illustrasjon av kombinasjonen  $U_{byr}$ ,  $E_{prv}$ , og effekten av å fjerne kostnad for byråkratene,  $\bar{c}=0$ .**

Begrenset korleksjon per iterasjon.

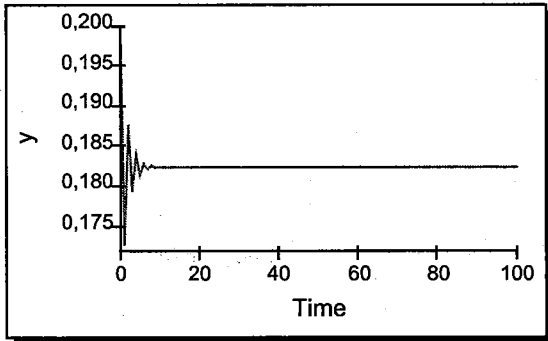
```

init    y = 0.2
flow    y = +dt*funksjon
aux     funksjon = MAX(MIN((pi_krøll/pi_max+EXP(1-(pi_krøll/pi_max))-2)/(EXP(1)-2)- 1* yhjelp,
0.5) , -0.5)
aux     b = (yhjelp*c_max + (s*(1-yhjelp)) * w/r)/(1-s)
aux     bhjelp = MAX(MIN(b,pi_max+(q/yhjelp)),q/yhjelp)
aux     grafhjelp = y+funksjon
aux     pi_krøll = bhjelp+(q/yhjelp)
aux     yhjelp = MIN(MAX(y,0.0),1)
const   c_max = 250000
const   pi_max = 250000
const   q = 2500
const   r = 0.5
const   s = 0.2
const   w = 150000
    
```

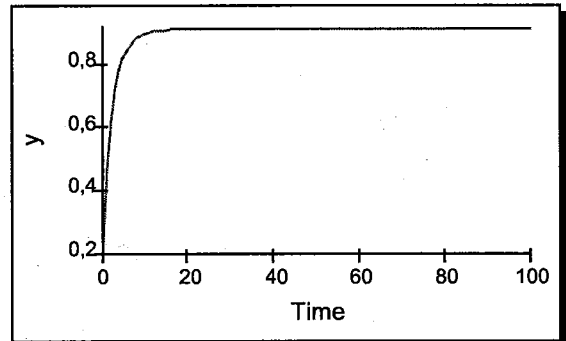


Time	y	funksjon	b
93	0,183	6,383782e-16	118345,6
94	0,183	-6,38378e-16	118345,6
95	0,183	6,383782e-16	118345,6
96	0,183	-6,38378e-16	118345,6
97	0,183	6,383782e-16	118345,6
98	0,183	-6,38378e-16	118345,6
99	0,183	6,383782e-16	118345,6
100	0,183	-6,38378e-16	118345,6

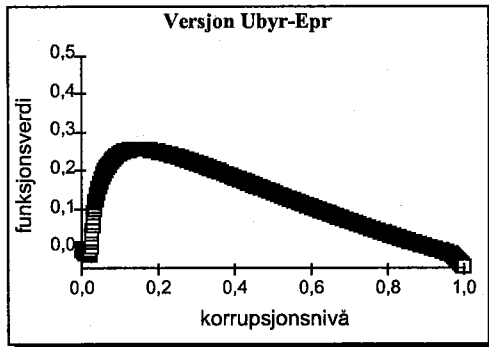
Når  $\bar{c}=0$  er nesten alle korrump. (Men ikke i noen forsøk har det vært mulig å få  $y=1$ .) Grafen som illustrerer funksjonsformen er den samme som i Figur 5.2b, bortsett fra at her er  $\bar{c}=0$ . I tabellen til venstre er  $\bar{c}=250.000$ , og i den nedenfor er  $\bar{c}=0$ .



Over:  $\bar{c}=250.000$ , under:  $\bar{c}=0$



Over:  $\bar{c}=0$ , under i tabellen:  $\bar{c}=0$

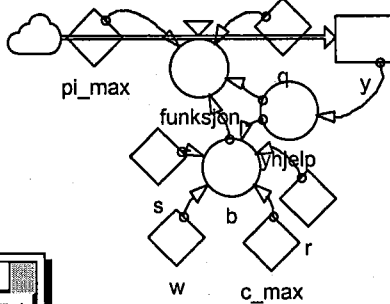


Time	y	funksjon	b
93	0,916	1,221245e-15	6290,04
94	0,916	6,661338e-16	6290,04
95	0,916	6,661338e-16	6290,04
96	0,916	5,551115e-16	6290,04
97	0,916	0,00	6290,04
98	0,916	0,00	6290,04
99	0,916	0,00	6290,04
100	0,916	0,00	6290,04

**E** Illustrasjon av kombinasjonen  $S_{byr}, U_{priv}$ , og effekten av å fjerne kostnaden for de private aktørene,  $q = 0$ .

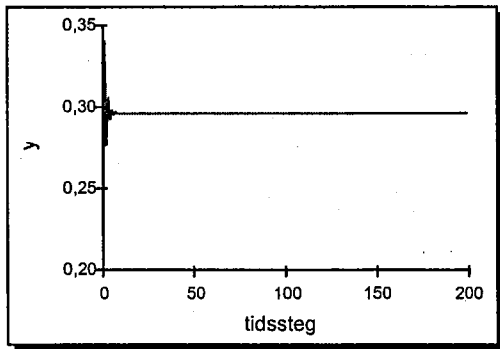
```

init   y = 0.2
flow   y = +dt*funksjon
aux    funksjon = MAX(MIN(1- MIN((b/pi_max)+(q/MAX(yhjelp,0.001))/pi_max,1)-yhjelp, 1), -1)
aux    b = (2*c_max*ARCSIN(SQRT(yhjelp))/PI + (s*(1-yhjelp)) * w/r)/(1-s)
aux    grafhjelp = funksjon+y
aux    yhjelp = MIN(MAX(y,0.0),1)
const  c_max = 250000
const  pi_max = 250000
const  q = 2500
const  r = 0.5
const  s = 0.2
const  w = 150000
    
```

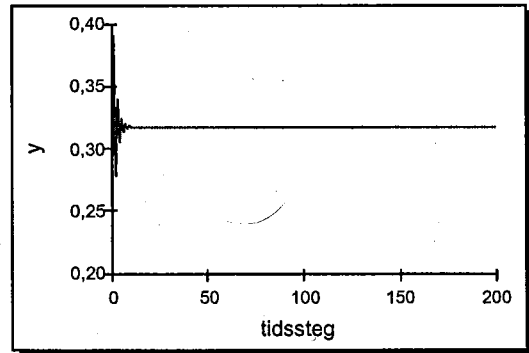


Time	y	funksjon	b
50	0,318	-1,67644e-14	170397,62
51	0,318	-1,67644e-14	170397,62
52	0,318	9,547918e-15	170397,62
53	0,318	-5,21805e-15	170397,62
54	0,318	2,88658e-15	170397,62
55	0,318	-1,55431e-15	170397,62
56	0,318	7,771561e-16	170397,62
57	0,318	-3,33067e-16	170397,62
58	0,318	0,00	170397,62
59	0,318	0,00	170397,62
60	0,318	0,00	170397,62
61	0,318	0,00	170397,62
62	0,318	0,00	170397,62

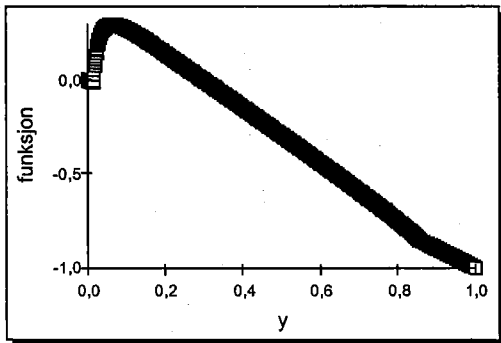
standard parametersett:  $y=0.297$   
 $q=0 \Rightarrow y=0.318$



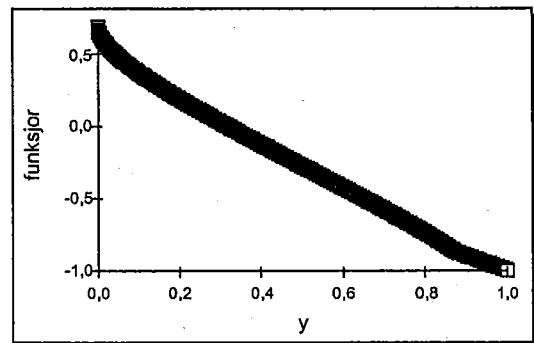
$q=2.500$



$q=0$



$q=2.500$  (3 likevekter, 2 stabile)

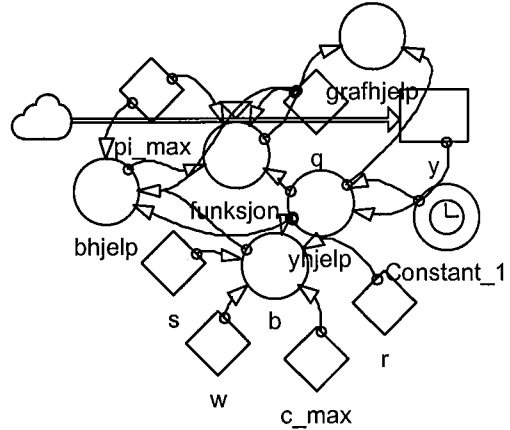


$q=0$  (1 stabil likevekt)

**F Grafen som viser likevekter - illustrert med kombinasjonen  $U_{byr}$ ,  $LN_{prv}$ .**

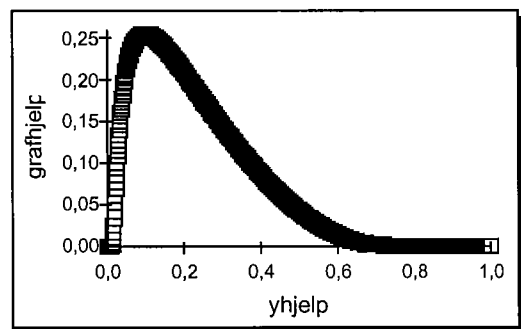
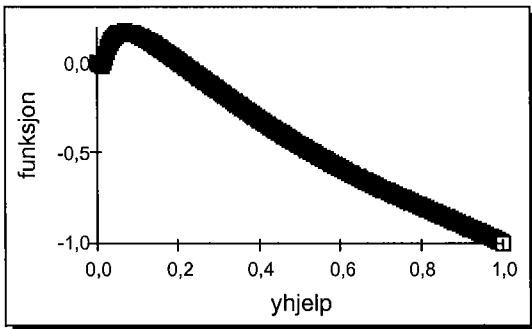
```

init    y = 0.2
flow    y = +dt*funksjon
aux     funksjon = MAX(MIN((1-MIN(((bhjelp+(q/MAX(yhjelp,0.0)))/pi_max),1))^2 -yhjelp, 1), -1)
aux     b = (yhjelp*c_max + (s*(1-yhjelp)) * w/r)/(1-s)
aux     bhjelp = MAX(MIN(b,pi_max-q/yhjelp), 0)
aux     Constant_1 = TIME / 100
aux     grafhjelp = funksjon+yhjelp
aux     yhjelp = 0*MIN(MAX(y,0.0),1) + 1*Constant_1
const   c_max = 250000
const   pi_max = 250000
const   q = 2500
const   r = 0.5
const   s = 0.2
const   w = 150000
    
```



Time	y	yhjelp	funksjon	grafhjelp
15,5	1,98	0,155	0,0834	0,238
15,6	1,99	0,156	0,0818	0,238
15,7	2,00	0,157	0,0803	0,237
15,8	2,01	0,158	0,0788	0,237
15,9	2,01	0,159	0,0773	0,236
16,0	2,02	0,16	0,0757	0,236
16,1	2,03	0,161	0,0742	0,235
16,2	2,04	0,162	0,0726	0,235
16,3	2,04	0,163	0,0711	0,234
16,4	2,05	0,164	0,0695	0,234
16,5	2,06	0,165	0,0679	0,233
16,6	2,07	0,166	0,0664	0,232
16,7	2,07	0,167	0,0648	0,232
16,8	2,08	0,168	0,0632	0,231
16,9	2,09	0,169	0,0617	0,231
17,0	2,09	0,17	0,0601	0,23

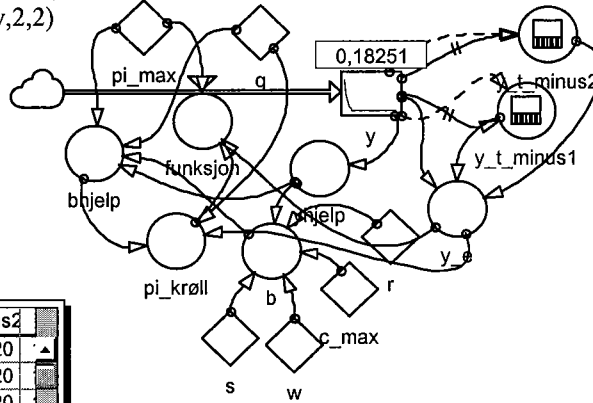
For at kurven skal vise funksjonsverdien til alle verdiene for  $y$ , vokser  $y$  med en tidsvariabel (Constant 1). I illustrasjonen nede til venstre er det likevekter i de punktene som har funksjonsverdi lik null. Grafen til høyre viser forholdet mellom  $y_t$  og  $y_{t-1}$ . Likevektspunktene er der en (tenkt) 45°-linje krysser kurven.



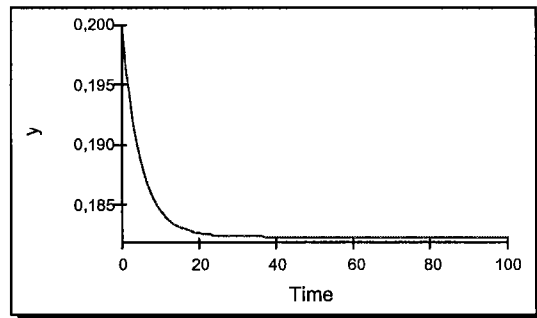
**G Adaptive forventninger ved ekstrapolasjon som er basert på tre perioder.**  
**Kombinasjonen er  $U_{byrs}$ ,  $E_{prv}$ .**

```

init   y = 0.2
flow   y = +dt*funksjon
aux    funksjon = MAX(MIN((pi_krøll/pi_max+EXP(1-(pi_krøll/pi_max))-2)/(EXP(1)-2)-
1*y_e),0.5), -0.5)
aux    b = (yhjelp*c_max + (s*(1-yhjelp)) * w/r)/(1-s)
aux    bhjelp = MAX(MIN(b,pi_max+(q/yhjelp)),q/yhjelp)
aux    pi_krøll = bhjelp+(q/y_e)
aux    y_e = 3*y-3*y_t_minus1+y_t_minus2
aux    y_t_minus1 = DELAYPPLMTR(y, 1,1)
aux    y_t_minus2 = DELAYPPLMTR(y,2,2)
aux    yhjelp = MIN(MAX(y,0.0),1)
const  c_max = 250000
const  pi_max = 250000
const  q = 2500
const  r = 0.5
const  s = 0.2
const  w = 150000
    
```



Time	y	y_e	y_t_minus1	y_t_minus2
0	0,20	0,20	0,20	0,20
1	0,196	0,189	0,20	0,20
2	0,194	0,194	0,196	0,20
3	0,192	0,189	0,194	0,196
4	0,19	0,189	0,192	0,194
5	0,189	0,188	0,19	0,192
6	0,188	0,187	0,189	0,19
7	0,187	0,186	0,188	0,189
8	0,186	0,185	0,187	0,188
9	0,185	0,185	0,186	0,187
10	0,185	0,184	0,185	0,186
11	0,184	0,184	0,185	0,185
12	0,184	0,184	0,184	0,185
13	0,184	0,184	0,184	0,184
14	0,184	0,183	0,184	0,184
15	0,183	0,183	0,184	0,184
16	0,183	0,183	0,183	0,184
17	0,183	0,183	0,183	0,183
18	0,183	0,183	0,183	0,183



For å få Powersim til å simulere forventningsdannelse, måtte programmet "huske" nivået i tidligere perioder, til bruk i utregningene i en bestemt iterasjon. Med funksjonen *DELAYPPLMTR* ble det mulig å oppbevare nivå fra et hvilket som helst tidligere tidspunkt. I diagrammet over er variablene  $y_t\_minus1$  og  $y_t\_minus2$  "oppbevaringsbokser" for tidligere nivå.

I tabellen over er de 2-3 første iterasjonene preget av at alle nivåene starter med samme verdi. I denne sammenhengen var ikke korrekt startverdi av betydning for resultatet.

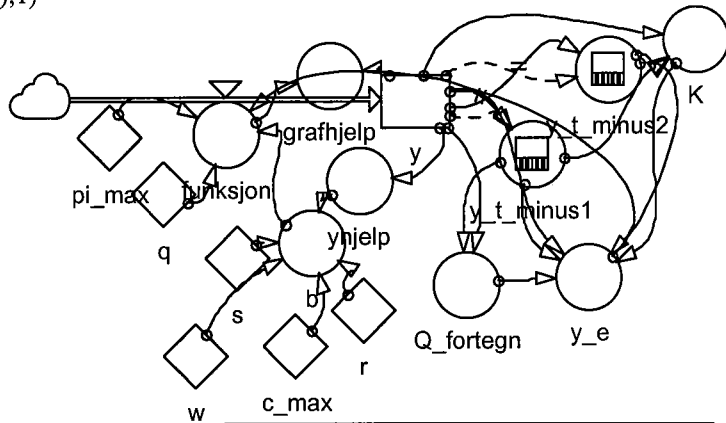
Grafen over til høyre viser korrupsjonsnivå i forhold til tid og illustrerer den samme simuleringen som tabellen.

## H Sensitiv forventningsdannelse.

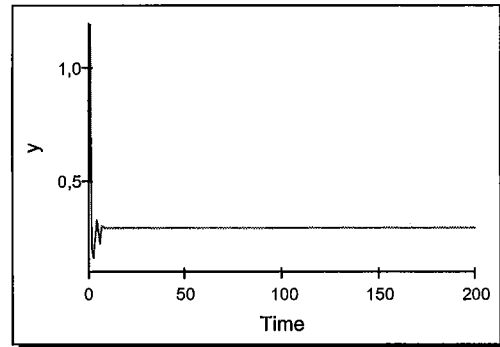
Kombinasjonen er  $S_{byr}$ ,  $U_{prv}$

```

init    y = 0.2
flow    y = +dt*funksjon
aux     funksjon = MAX(MIN(1- MIN((b/pi_max)+(q/MAX(y_e,0.001))/pi_max,1) - y_e,1), -1)
aux     b = (2*c_max*ARCSIN(SQRT(yhjelp))/PI + (s*(1-yhjelp)) * w/r)/(1-s)
aux     grafhjelp = funksjon+y
aux     K = (y-y_t_minus1)*(y_t_minus1-y_t_minus2)
aux     Q_fortegn = (y-y_t_minus1)/ABS(y-y_t_minus1)+0.0001
aux     y_e = y+ (Q_fortegn*SQRT(MAX(K,0)))+(MAX(-K,0)/(10*K+0.0001))*(3*y-
2*y_t_minus1-y_t_minus2)
aux     y_t_minus1 = DELAYPPLMTR(y, 1,1)
aux     y_t_minus2 = DELAYPPLMTR(y,2,2)
aux     yhjelp = MIN(MAX(y,0.0),1)
const   c_max = 250000
const   pi_max = 250000
const   q = 2500
const   r = 0.5
const   s = 0.2
const   w = 150000
    
```



Dette er den samme simuleringen som den Figur 5.7c illustrerer, bortsett fra at her er alle parametrene standard. Simuleringen er gjort etter samme prinsipp som de andre versjonene med læring. Forskjellen er at forventningsdannelsen (variabelen  $y_e$ ) er avhengig av en *trendindikator*,  $K$ . Hvordan forventningsdannelsen skjer, er avhengig av fortegnet på  $K$ . Dette er beskrevet i Kapittel 4.3.



Time	y	y_e	Q_fortegn	K	y_t_minus1	y_t_minus2	funksjon
0	0,20	=?	=?	0,00	0,20	0,20	1,00
1	1,20	1,20	1,00	0,00	0,20	0,20	-1,00
2	0,20	0,40	-1,00	-0,50	1,20	0,20	-0,034
3	0,166	0,0357	-1,00	0,017	0,20	1,20	0,10
4	0,266	0,239	1,00	-0,0017	0,166	0,20	0,0672
5	0,333	0,392	1,00	0,00337	0,266	0,166	-0,107
6	0,227	0,252	-1,00	-0,00359	0,333	0,266	0,0815
7	0,308	0,294	1,00	-0,00436	0,227	0,333	-0,0041
8	0,304	0,297	-1,00	-0,000167	0,308	0,227	-0,00386
9	0,30	0,297	-1,00	0,0000079	0,304	0,308	-0,00229
10	0,298	0,296	-1,00	0,00000441	0,30	0,304	0,000413
11	0,298	0,298	1,00	-4,7217e-7	0,298	0,30	-0,00205
12	0,296	0,296	-1,00	-4,2216e-7	0,298	0,298	0,000954
13	0,297	0,297	1,00	-9,7571e-7	0,296	0,298	-0,000466
14	0,297	0,297	-1,00	-2,224e-7	0,297	0,296	0,000222

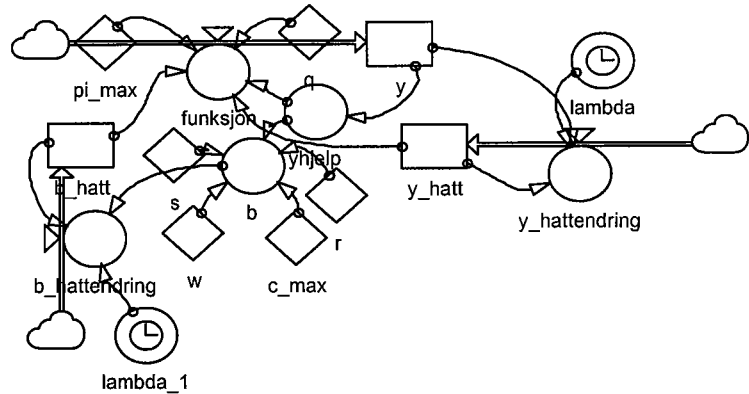


# I Illustrasjon av den formen for forventningsdannelse som ble kalt *læring*.

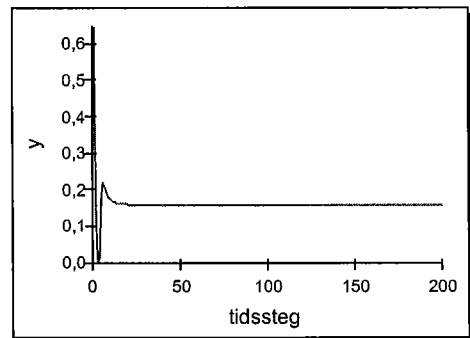
```

init   b_hatt = 75000
flow   b_hatt = +dt*b_hattendring
init   y = 0.2
flow   y = +dt*funksjon
init   y_hatt = 0.2
flow   y_hatt = +dt*y_hattendring
aux    b_hattendring = lambda_1*(b-b_hatt)
aux    funksjon = MAX(MIN(1- MIN((b_hatt/pi_max)+(q/MAX(y_hatt,0.001))/pi_max,1) - yhjelp,
1), -1)
aux    y_hattendring = lambda*(y-y_hatt)
aux    b = (2*c_max*ARCSIN(SQRT(yhjelp))/PI + (s*(1-yhjelp)) * w/r)/(1-s)
aux    lambda = 1/(1+TIME)
aux    lambda_1 = 1/(1+TIME)
aux    yhjelp = MIN(MAX(y,0.0),1)
const  c_max = 400000
const  pi_max = 250000
const  q = 2500
const  r = 0.5
const  s = 0.2
const  w = 150000

```



Time	y	y_hatt	b	b_hatt
0	0,20	0,20	207584	150000
1	0,35	0,20	250257	207584
2	0,12	0,275	178461	228920
3	0,048	0,223	141679	212100
4	0,107	0,179	172961	194495
5	0,166	0,165	196224	190188
6	0,179	0,165	200491	191194
7	0,175	0,167	199142	192522
8	0,17	0,168	197544	193350
9	0,167	0,168	196504	193816
10	0,165	0,168	195875	194085
11	0,164	0,168	195480	194247
12	0,163	0,168	195217	194350
13	0,163	0,167	195032	194417
14	0,163	0,167	194897	194461
15	0,162	0,167	194795	194490
16	0,162	0,166	194716	194509
17	0,162	0,166	194653	194521
18	0,162	0,166	194603	194528



Denne er formen for forventningsdannelse er simulert både for  $b$  og  $y$ . Spesielt i simuleringen er at de estimerte variablene måtte defineres som *nivå*.

Simuleringen er den samme som er vist i Figur 5.8.