



EILEV S. JANSEN

Fagdirektør i Norges Bank og professor II ved Institutt for samfunnsøkonomi, NTNU.

## Nobelprisen i økonomi 2003 tildelt

# «The Champions of the 1. and 2. moments»<sup>\*</sup>

Nobels minnepris i økonomi for året 2003 gikk til to giganter innenfor økonometrifaget: Briten Clive W. J. Granger og amerikaneren Robert F. Engle. Granger fikk prisen for sine metoder til å analysere tidsrekke­data som har en felles trend i forventningsverdien (kointegrasjon) mens Engle fikk prisen for sine metoder til å analysere tidsrekke­data med tidsvarierende varians (volatilitet). Derav tittelen: De fikk prisen for sine bidrag til å forstå tidsutviklingen i henholdsvis førsteordens-momentet (Granger) og annenordens-momentet (Engle).

### IMPERIE-BYGGERNE

De to prisvinnerne har mye til felles: De har vært kolleger og nære samarbeidspartnere ved Department of Economics ved University of California San Diego i 25 år<sup>1</sup>. I disse årene – da grunnlaget for Nobel-prisene ble lagt – vokste det fram et lite, men sterkt økonometrimiljø ved Stillehavskysten, som foruten prisvinnerne omfattet blant andre Halbert White og James Hamilton. I tillegg har forskere fra hele verden – Tony Hall, David Hendry, Svend Hylleberg, Søren Johansen, Katarina Juselius, James MacKinnon, Grayham Mizon, Timo Teräsvirta og mange flere – kommet til San Diego på gjesteopphold for å arbeide sammen med denne gruppen. Man finner også norske navn på listen over gjestende økonometrikere – blant andre Øyvind Eitrheim, Bernt Stigum og Dag Tjøstheim.

Engle og Granger har sammen og hver for seg stått for forskningsprogrammer som har vært svært framgangsrike. Man kan kalle dem imperie-byggere. Gjennom en jevn strøm av doktorander har imperiet spredt seg ved at lærlingene har fortsatt sine forskningskarrierer ved universiteter i og utenfor USA. Sammen danner de et verdensomspennende nettverk av tidligere Engle-Granger studenter, som i en uvanlig grad holder kontakt med sitt gamle lærested.

Det er likevel forskningsarbeidene som karakteriserer suksessen. Begge prisvinnere har et langt bredere forskningsfelt enn de spesifikke bidragene de har fått prisen for. Hver av dem har en vitenskapelig publikasjonsliste som omfatter mellom 100 og 200 publiserte artikler, samt flere

<sup>\*</sup> Takk til Kåre Johansen, Jostein Lillestøl, Ragnar Nymoen, Johannes Skjeltop og Bernt Arne Ødegaard, som har gitt råd under arbeidet med denne artikkelen.

<sup>1</sup> Det vil si fra midten 1970 tallet og inntil helt nylig, da Engle meldte overgang til New York University.



Etter Nobel-forelesningene på Stockholms Universitet mandag 8 desember 2003 holdt de to prisvinnerne pressekonferanse, (fra v.) Robert F. Engle og Clive W.J. Granger. (Foto: Mark Earthy, Pressens Bild/All Over Press).

bøker. Felles for de to er det at bidragene deres har hatt stor gjennomslagskraft og at de er blitt brukt i praktisk empirisk arbeid av forskere overalt.

Den første artikkelen som gjorde Clive Grangers navn kjent i økonometri-verdenen var Granger (1969), en formalisering av kausalitet basert på predikerbarhet ( $Y$  er årsak til  $X$ , dersom prediksjonen for  $X$  kan forbedres ved å trekke inn en sammenheng mellom  $X$  og  $Y$ ). Dette er senere kjent som *Granger-kausaltitet*. Han har også gitt omfattende bidrag til hvordan man lager og evaluerer prognoser, til finansiell økonometri og metoder for ikke-lineær modellering, spektralanalyse og aggregering. Granger er nylig hedret med utgivelse av samlede artikler i to bind (Ghysel, Swanson og Watson, red. 2001) og et festskrift da han fylte 65 år for fem år siden (Engle og White, red. 1999). Han er portrettert i tidsskriftet *Econometric Theory* (Phillips 1997) som også inneholder en liste over hans publikasjoner.

Også Rob Engle har gjort viktige bidrag til analysen av kointegrasjon, blant annet i felles artikler med Granger.

Hans doktorgradsavhandling var om aggregering, senere arbeider spenner over statistiske metoder for spektralanalyse og hypoteseproofing, samt metodebidrag i form av begrepsavklaring om ulike eksogenitetsbegreper (se Engle, Hendry og Richard 1983, Engle og Hendry 1993). De siste 10-15 årene har han særlig arbeidet med finansiell økonometri, der han alene og sammen med andre har videreutviklet metoder for analyse av tidsvarierende volatilitet. I tillegg har han arbeidet med et felt som kalles «market microstructure». Her studerer man prisdannelsen på transaksjonsnivå, og Engle har bidratt med å utvikle modeller som kan benyttes til å forklare prisdannelsen for høye frekvenser, helt ned til minutt- og sekunddata. Også Rob Engle er portrettert i *Econometric Theory* (Diebold 2003) med en tilhørende ajour publikasjonsliste.

#### KOINTEGRASJON

Det er et typisk trekk ved både makroøkonomiske og finansielle tidsrekke-data at de ikke er stasjonære. Fravær av stasjonaritet betyr at variabelen ikke har noen klar tendens til å vende tilbake til en konstant verdi eller til en linear trend.<sup>2</sup> Et viktig formål med empirisk makroøkon-

misk analyse er å teste hypoteser og å estimere sammenhenger mellom aggregerte størrelser som er tolkbare i lys av økonomisk teori. De statistiske metodene vi bruker forutsetter imidlertid at tidsseriene er stasjonære. Er de ikke det, kan de statistiske slutningene som trekkes fra analysen være sterkt misvisende. Fra dette utgangspunktet har Clive Grangers bidrag har bestått i å vise hvordan relasjoner som inneholder ikke-stasjonære variable kan omformes slik at resultatene både blir statistisk holdbare og økonomisk tolkbare. Nøkkelen til dette ligger i begrepet kointegrasjon – som gjør det mulig å forene økonomiske likevektssammenhenger løftet fra økonomisk teori med økonomiske modeller som også forklarer variasjonen i data på kort sikt.

En variabel  $x_t$  som må differensieres  $d$  ganger før den blir stasjonær, er integrert av orden  $d$  ( $x_t$  er  $I(d)$ ). Ikke-stasjonaritet i en tidsserie er en dominerende egenskap ved serien. Dersom  $y_t$  er ikke-stasjonær,  $I(1)$ , og  $x_t$  er stasjonær,  $I(0)$ , så er summen av dem,  $y_t + x_t$ , ikke-stasjonær,  $I(1)$ . Likeens er en lineær kombinasjon av to  $I(1)$  variable  $y_t$  og  $x_t$  oftest også ikke-stasjonær ( $I(1)$ ). Men det kan finnes en parameter  $\beta$  som gjør at  $y_t + \beta x_t$  er stasjonær ( $I(0)$ ). Når dette skjer, sier vi at  $y_t$  og  $x_t$  er kointegrerte  $CI(1,1)$  og at  $y_t + \beta x_t$  danner en kointegrasjonssammenheng som for makroøkonomiske aggregater i mange tilfeller kan tolkes som en likevektssammenheng.

Granger (1981,1983) viser et teorem som – anvendt på eksemplet over – sier at når de to variablene er kointegrerte  $CI(1,1)$ , kan de alltid skrives på likevektskorrigeringsform, og omvendt (Granger's Representasjonsteorem). Anta at  $y_t$  og  $x_t$  er målt som logaritmer av de opprinnelige makroseriene, slik at den stasjonære førstedifferensen blir vekstrater i de opprinnelige variablene,  $Y_t$  og  $X_t$ . En likevektskorrigeringsmodell forklarer da vekstraten til  $Y_t$  ved hjelp av laggede verdier av vekstratene til både  $Y_t$  og  $X_t$  og et nivå-ledd som er avviket fra likevektsbanen  $u_{t-1} = (y_{t-1} + \beta x_{t-1})$ . Slike modeller – også kalt feil-

justeringsmodeller – stammer fra en banebrytende artikkel om lønns- og prisdannelse i UK (Sargan 1964).<sup>3</sup>

Fordelene ved likevektskorrigeringsmodeller ligger i dagen – økonomisk teori gir holdepunkter for likevektssammenhenger mellom makrovariable som kan gjelde på lang sikt men er oftest mindre entydig med hensyn til kortsiktige effekter. Har man funnet støtte i data for kointegrasjon, vil koeffisienten for  $u_t$  fortelle hvor raskt  $y_t$  endrer seg for gjenopprette likevekten. Videre er det slik at likevektskorrigeringsformen gir oss et grunnlag for å trekke statistisk holdbare konklusjoner om parametrene i modellen, siden likningen er *balansert*, det vil si at alle variable og termer som inngår både på høyre og venstre side er stasjonære (Granger 1990).

Oppdagelsen av kointegrasjon har revolusjonert analysen av makroøkonomiske tidsserier. Hendry (2004) kaller dette det største enkeltbidraget til disiplinen siden Trygve Haavelmo formulerte grunnlaget for økonometrifaget i «The Probability Approach in Econometrics» (Haavelmo 1944).<sup>4</sup> Den raske utbredelsen av kointegrasjonsanalysen skyldes også at Engle og Granger (1987) lanserte en enkel test for kointegrasjon, som har god utsagnskraft i to-variabel tilfellet vi har sett på. Kort tid senere leverte den danske statistikeren Søren Johansen metoder for å teste kointegrasjon i en multivariat sammenheng (Johansen 1988). Engle og Grangers paper er sitert mer enn 2800 ganger (fra Social Science Citation Index, ifølge Hendry (2004)) siden publiseringen i 1987, mens Søren Johansen nylig ble kåret til verdens suverent mest siterte forsker på 1990-tallet, se Coupé (2003).<sup>5</sup>

Denne revolusjonen har etter hvert fått fullt gjennomslag i Norge. Siden midt på 1990-tallet er det knapt levert noen doktorgrad i empirisk makroøkonomi ved norske universiteter som ikke tar i bruk kointegrasjonsanalyse. De første norske internasjonale publiseringene kom tidligere. Brodin og Nymoen (1992) påviste kointegrasjon mellom privat konsum, husholdningenes inntekt og deres samle-

<sup>2</sup> Mer presise definisjoner av begrepet «stasjonaritet» innebærer en sondring mellom sterk og svak stasjonaritet. Sterk stasjonaritet krever at sannsynlighetsfordelingen til variabelen ikke forandres over tid, dvs at alle momenter i fordelingen er konstante over tid. Kravet til svak stasjonaritet er at de to første momentene – forventning og varians – er konstante over tid.

<sup>3</sup> John Dennis Sargan hentet inspirasjonen til slike modeller fra deterministiske vekstmodeller, som han gjorde om til stokastiske likninger, se Granger (2004).

<sup>4</sup> Se Jansen (2002) for et tilsvarende synspunkt når det gjelder hvilke statistiske bidrag som har vært viktige for utviklingen av makroøkonometriske modeller.

<sup>5</sup> Coupé baserer rankingen på antall ganger konkurransedeltakerne er sitert av andre i økonomiske fagtidsskrifter i perioden 1990 – 2000. Bare siterte tidsskriftsartikler fra den samme perioden er med i rankingen, noe som utelukker Engle og Granger (1987) – men også Johansen (1988, 1995) – fra å telle med i konkurransen. Robert Barro og Paul Krugman måtte nøye seg med sølv- og bronseplass, klart slått av vinneren.

de formue etter at Anders Brodin publiserte en første versjon av konsummodellen i Brodin (1988).<sup>6</sup> Forskjellen mellom faktisk konsum og konsumet beregnet med utgangspunkt i inntekt og formue i den langsiktige sammenhengen, er en viktig faktor for å forklare endringer i privat konsum. Det tar tid før konsumet er justert mot sin langsiktige likevektsverdi. Derfor gir et eventuelt avvik mellom faktisk og langsiktig konsum i år informasjon om utviklingen i privat konsum neste år og kunnskap om dette har forbedret grunnlaget for makroøkonomiske prognoser.

Det var likevel Jan Tore Klovland som var første nordmann på banen med en internasjonal publisering som tok i bruk kointegrasjonsbegrepet. Sammen med Hali Edison fant han støtte til kjøpekraftsparitet (PPP) mellom Norge og UK basert på årsdata for 1874-1971, men bare etter at de hadde modifisert PPP hypotesen blant annet ved å ta hensyn til ulik relativ produktivitetutvikling i skjermet og konkurranseutsatt sektor i de to landene. Edison og Klovland (1987) gir et klart eksempel på hvordan økonomisk teori kan implisere en testbar hypotese om kointegrasjon mellom de ikke-stasjonære variablene – i dette tilfellet mellom innenlandsk og utenlandsk prisnivå, regnet om til felles valuta.

Ragnar Nymoen tok verktøyet i bruk i flere publiserte arbeider – både nasjonalt og internasjonalt – i årene 1988-1991. Blant annet skrev han to oversiktsartikler i *Norsk Økonomisk Tidsskrift* om integrasjon og kointegrasjon (Nymoen 1988, 1991a). I Nymoen (1989) kombinerer han innsikten fra Odd Aukrusts hovedkursmodell med en Sargan-inspirert likevektsjusteringsmodell for lønnsdannelsen i norsk industri og i Nymoen (1991b) utvider han analysen til en liten modell med simultan bestemmelse av aggregerte lønninger og priser i Norge.<sup>7</sup> På om lag den samme tiden tallfestet Gunnar Bårdsen en pengeetter-spørselsfunksjon for Norge, der (den inverse av) pengenes omløpshastighet kointegrerer med en lineær kombinasjon av lange og korte renter (Bårdsen 1992).

Norske forskere har også gitt metodebidrag til kointegrasjons-litteraturen: Bårdsen (1989) utleder formler for standardavviket for langsiktsparametrene i en likevektsjusteringsmodell og viser at man fritt kan tidsforskyve nivåledene i likningen uten andre konsekvenser enn at korttidsdynamikken endres. Øyvind Eitrheim har i sin doktorgradsavhandling en analyse av hvor robuste kointegrasjonstestene er overfor visse typer av feilspesifikasjon av modellen (en første versjon er i Eitrheim (1992)), Dag Tjøstheim har i samarbeid med Hans Karlsen og Terje Myklebust gitt bidrag til ikke-lineær kointegrasjon (Karlsen, Myklebust og Tjøstheim 2001) og Anders Rygh Swensen har studert hvordan man kan teste rasjonelle forventninger i en kointegrert vektorautoregressiv modell (Johansen og Rygh Swensen 1999). Og mer kan komme. Håvard Hungnes har levert lovende arbeider som inkluderer metoder for å studere effekten av å pålegge restriksjoner på vekstratene til variablene i et kointegrert likningssystem. (Hungnes 2002).

#### TIDSVARIERENDE VOLATILITET

I finansiell økonomi er modellering av volatilitet i aksjeavkastningen et sentralt tema. For eksempel i porteføljeteorien avledes optimale porteføljer som funksjoner av varianser til og kovarianser mellom avkastningene på ulike objekter, mens formlene for opsjonsprising gir prisen på opsjoner uttrykt ved volatiliteten til den underliggende aksjen. I tillegg er tidsvariasjonen i hele kovariansstrukturen til en portefølje selve grunnlaget for Value at Risk modeller, som brukes av banker og finansinstitusjoner over hele verden for å lage et anslag på mulige tap i en portefølje for en gitt periode fram i tid. Finansanalytikere er med god grunn opptatt av den relative volatiliteten til avkastningen på aksjer og at disse avkastningene – og dermed risikoen som er knyttet til objektene – varierer over tid, har man visst lenge. I turbulente perioder kan verdiene fluktuere sterkt, mens verdiene kan være stabile i rolige perioder. Til tross for at det er slik, har forskere ofte arbeidet med modeller som forutsetter at volatiliteten er konstant.

<sup>6</sup> Både Brodin (1988) og Brodin og Nymoen (1992) ble sett på som kontroversielle modellforslag og utløste debatt i *Sosialøkonomen* med til dels høy temperatur. I det siste tilfellet kan vi snakke om noe så sjeldent som en norsk metodede-batt i bladets spalter med deltakere fra Norges Bank og Statistisk sentralbyrå, se Jansen (1992a, b) og Magnussen og Moum (1992). Debatten dreide seg imidlertid primært om datagrunnlaget og om kriterier for modellseleksjon. Også Statistisk sentralbyrå tok tidlig i bruk kointegrasjonsanalyser i modellarbeidet (Cappelen 1991) og dette er i dag et sentralt element i Byråets makroøkonomiske modeller.

<sup>7</sup> Dette perspektivet – hvordan Aukrusts hovedkursmodell kan tolkes i lys av begrepene kausalitet og kointegrasjon – står også sentralt i Bårdsen et. al. (2004, kapittel 3), som bruker Aukrusts modell til å sammenfatte 40 års internasjonal forskningsinnsats for å forklare lønns- og prisdannelse i en liten åpen økonomi.

Rob Engle formulerte i et banebrytende bidrag en modell – den såkalte ARCH-modellen<sup>8</sup> – for en stokastisk prosess som har de samme egenskapene som man observerer i virkelighetens tidsserier. ARCH modellen anslår dagens volatilitet til et veid gjennomsnitt av tidligere perioders volatilitet, med større vekt på den nære fortid enn på observasjoner som er lengre tilbake i tid. Engle (1982) brukte modellen til å forklare inflasjonsutviklingen i UK, men ideen – som ikke tidligere er nevnt i litteraturen – skulle vise seg å lede til en ny gren av økonometrien: finansiell økonometri. I sitt Nobel-foredrag (Engle 2003) kunne prisvinneren konstatere dette og samtidig vise til en imponerende vekst i litteraturen som bygger på hans første bidrag. Mye av tilveksten har hatt form av generaliseringer av Engles ide: Bollerslev (1986) lanserte GARCH (Generalisert ARCH) som gir en parameterfattig representasjon der ARCH modellen blir modifisert ved å legge til laggede verdier av den betingede variansen til avkastningen og Nelson (1991) innførte asymmetri i EGARCH (Eksponensiell GARCH), der han tar hensyn til at negativ avkastning gir opphav til sterkere volatilitet enn positiv avkastning. Og disse modellene har så igjen ledet til tallrike generaliseringer (Engle nevner ytterligere 18 akronymer), hundrevis av empiriske arbeider og tidsskrifter som *Journal of Empirical Finance*, *Journal of Financial Econometrics* og en egen *Handbook of Financial Econometrics*.

For norske siviløkonomer er modellering av tidsvarierende volatilitet blitt en selvsagt del av verktøykassa og emnet inngår i kursplanen for empiriske metoder i finansiell økonomi. Sammenlignet med hvordan kointegrasjonsideen nå preger empirisk makroøkonomi i Norge, kan det imidlertid synes som ideen om tidsvarierende volatilitet har fått et relativt mindre gjennomslag i forskningsprogrammet til norske finansielle forskere. Men norske bidrag til den internasjonale litteraturen på feltet finnes: Gabriela Mundaca har i flere arbeider – det første var Mundaca (1991) – brukt ARCH og GARCH til å modellere utviklingen i den norske valutakursen. Bruno Gérard og Richard Priestley har – rett nok før de kom til Handelshøyskolen BI – levert arbeider som bygger på GARCH modellering: de Santis og Gérard (1997) finner støtte for CAPM-modellen<sup>9</sup> med data for G7-landene og Sveits, mens Priestley (2001) undersøker sammenhengen

mellom persistens i forventet avkastning og aksjeprisene i USA. Per Bjarte Solibakke har brukt varianter av GARCH modellen blant annet til å karakterisere utviklingen i handelsvolumet på Oslo Børs (Solibakke 2001) og – med et tilsvarende datasett – til å teste CAPM-modellen på en børs med liten omsetning (Solibakke 2002).

#### PRISVINNERNES KONTAKT MED NORDEN OG NORGE

Rob Engle har hatt nær kontakt med nordiske forskningsmiljøer. Han har siden 1980-tallet samarbeidet med Svend Hylleberg ved Aarhus Universitetet, blant annet om å utvide kointegrasjonsanalysen til også å omfatte sesongvariasjon. Dessuten har flere av de dyktigste lærlingene – senere imperie-byggere – kommet til San Diego fra danske universiteter. Engle har flere ganger holdt kurser på doktorgradsnivå i Danmark, Sverige og Finland. Norge har han – så vidt jeg vet – ikke besøkt. Det kan i noen grad forklare den relativt beskjedne påvirkningen han synes å ha hatt på forskningsagendaen til norske finansielle forskere.

Clive Granger har også samarbeidet nært med nordiske forskningsmiljøer. I Nobel-foredraget som han holdt i Stockholm i desember, sa han blant annet at

«The early development of the cointegration idea was helped greatly by colleagues and friends in the Scandinavian countries, including Søren Johansen and Katarina Juselius in Copenhagen who developed and applied sophisticated testing procedures, Svend Hylleberg in Århus who extended the theory to seasonal data, and Eilev Jansen and his colleagues at the Bank of Norway, who successfully applied it to a large econometric model of Norway. To complete the set, Timo Teräsvirta, who is from Finland but now lives in Stockholm, helped develop models that were useful in nonlinear formulations of cointegration. I am delighted that they are all here as my guests.» (Granger 2004, s.4).

Clive Grangers kontakt med Norges Bank spenner over en periode på femten år: Han har i denne tiden vært en viktig rådgiver i arbeidet med å bygge opp en forskningsavdeling i Norges Bank, og ikke minst den makroøkonomiske modellen RIMINI er sterkt påvirket av Grangers ideer, se Bårdsen et. al. (2004). Siden 1990 har han besøkt

<sup>8</sup> ARCH står for *AutoRegressive Conditional Heteroscedastic*.

<sup>9</sup> *Capital Asset Pricing Model (CAPM)* viser hvordan en investor blir belønnet for å ta systematisk risiko, det vil si risiko som er knyttet til kovariansen mellom hennes egen verdipapirportefølje og markedets portefølje.

Norges Bank 8 ganger, hver gang har han holdt forelesninger og deltatt i uformelle arbeidsgrupper der unge medarbeidere har lagt fram og fått hans kommentarer til sine forskningsarbeider. Senest i august i fjor besøkte han Norges Bank og Institutt for samfunnsøkonomi, NTNU i forbindelse med at han deltok i konferansen *Econometric Methodology* arrangert av Bernt Stigum og Økonomisk institutt, Universitetet i Oslo. Han har tidligere også vært gjesteforeleser ved Norges Handelshøyskole og Matematisk institutt ved Universitetet i Bergen, der Dag Tjøstheim nå følger opp et tidligere samarbeid med Granger og Timo Teräsvirta<sup>10</sup> med en ny og utvidet utgave av standardverket om ikke-lineære økonometriske modeller, Granger og Teräsvirta (1993).

En annen grunn til de hyppige Norges-besøkene er at både Clive Granger og kona hans, Pat, er glad i friluftsliv. De har ofte kombinert reiser til Norge med reiser i Norge og særlig i norske fjell. At han befant på et to måneders gjesteopphold på New Zealand, da prisen ble offentliggjort tidlig i oktober 2003, er heller ikke en tilfeldighet. Det er som kjent et lite land med både fjell og storslagen natur. – Nokså likt Norge, ifølge prisvinneren.

#### REFERANSER:

- Bollerslev, T. (1986): «Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity», *Journal of Econometrics* 31, 307-327.
- Brodin, P. A. (1988): «Makrokonsumfunksjonen – regimeskift eller feilspesifikasjon?», *Sosialøkonomen* 42 (1998/5), 11-17.
- Brodin, P. A. og R. Nymoen (1992): «Wealth effects and exogeneity: The Norwegian consumption function 1966(1) – 1989(4)», *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 54, 431-454.
- Bårdsen, G. (1989): «Estimation of long-run coefficients in error-correction models», *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 51, 345-350.
- Bårdsen, G. (1992): «Dynamic modeling of the demand for narrow money in Norway», *Journal of Policy Modeling* 14, 363-393.
- Bårdsen, G., Ø. Eitrheim, E. S. Jansen og R. Nymoen (2004): *The econometrics of macroeconomic modelling*, kommer i bokserien *Advanced Texts in Econometrics*. Oxford: Oxford University Press.

Cappelen, Å. (1991): «Macroeconomic modelling: The Norwegian experience», *Scandinavian Journal of Economics* 93, 323-330.

Coupé, T. (2003): «Revealed performances: Worldwide rankings of economists and economics departments, 1990 – 2000.» *Journal of the European Economic Association* 1, 1309-1345.

de Santis, G. og B. Gérard (1997): «International asset pricing and portfolio diversification with time-varying risk», *Journal of Finance* 52, 1881-1912.

Diebold, F. X. (2003): «The ET Interview: Professor Robert F. Engle», *Econometric Theory* 19, 1159-1193.

Edison, H. J. og J. T. Klovland (1987): «A quantitative reassessment of the purchasing power parity hypothesis: Evidence from Norway and the United Kingdom», *Journal of Applied Econometrics* 2, 309-333.

Eitrheim, Ø. (1992): «Inference in Small Cointegrated Systems: Some Monte Carlo Results.» Discussion Paper 92-31, Department of Economics, University of California San Diego.

Engle, R. F. (1982): «Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation», *Econometrica* 50, 987-1007.

Engle, R. F. (2003): «Risk and volatility: Econometric models and financial practice», Nobel Lecture, Stockholm. 8 December 2003. (<http://www.nobel.se/economics/laureates/2003/engle-lecture.html>).

Engle, R. F. og C. W. J. Granger (1987): «Co-integration and error correction: representation, estimation and testing», *Econometrica* 55, 251-276.

Engle, R. F. og D. F. Hendry (1993): «Testing super exogeneity and invariance in regression models», *Journal of Econometrics* 56, 119-139.

Engle, R. F., D. F. Hendry og J. F. Richard (1983): «Exogeneity», *Econometrica* 51, 277-304.

Engle, R. F. og H. White, red. (1999): *Cointegration, causality and forecasting: A festschrift in honour of Clive W. J. Granger*. Oxford: Oxford University Press.

Ghysel, E., N. R. Swanson og M. W. Watson, red. (2001): *Essays in econometrics. Collected papers of Clive W. J. Granger. Volume I and II*. Cambridge: Cambridge University Press.

Granger, C. W. J. (1969): «Investigating causal relationships by econometric models and cross-spectral methods», *Econometrica* 37, 424-438.

<sup>10</sup> Granger, Teräsvirta og Tjøstheim (1994) er det eneste eksemplet på at en av de to Nobelprisvinnerne har en norsk medforfatter.



- Granger, C. W. J. (1981): «Some properties of time series data and their use in econometric model specification», *Journal of Econometrics* 16, 121-130.
- Granger, C. W. J. (1983): «Co-integrated variables and error-correcting models» Discussion Paper 83-13, Department of Economics, University of California San Diego.
- Granger, C. W. J. (1990): «General introduction: Where are the controversies in econometric methodology?» i C. W. J. Granger (red.): *Modelling economic series. Readings in econometric methodology*, 1-23. Oxford: Oxford University Press.
- Granger, C. W. J. (1999): *Empirical modelling in economics. Specification and evaluation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Granger, C. W. J. (2004): «Time series analysis, cointegration and applications. The Nobel Lecture», Discussion Paper 2004-002, Department of Economics, University of California San Diego. (<http://www.nobel.se/economics/laureates/2003/granger-lecture.html>)
- Granger, C. W. J. og T. Teräsvirta (1993): *Modelling nonlinear economic relationships*. Oxford: Oxford University Press.
- Granger, C. W. J., T. Teräsvirta og D. Tjøstheim (1994): «Aspects of modelling nonlinear time series» i R. F. Engle og D. L. McFadden (red.): *Handbook of econometrics. Volume IV*, 2917-2957. Amsterdam: Elsevier.
- Hendry, D. F. (2004): «The Nobel Memorial Prize for Clive W. J. Granger», kommer i *Scandinavian Journal of Economics* 106/(2).
- Hungnes, H. (2002): «Restricting growth rates in cointegrated VAR models», *Discussion Papers* 306 (revised February 2002), Oslo: Statistisk sentralbyrå.
- Haavelmo, T. (1944): «The Probability Approach in Econometrics», *Econometrica* 12, 1 – 118, Supplement.
- Jansen, E. S. (1992a): «Makrokonsumfunksjonen – tas empirien på alvor?» *Sosialøkonomen* 46 (1992/5), 2-6.
- Jansen, E. S. (1992b): «Svar til (KM)<sup>2</sup>», *Sosialøkonomen* 46 (1992/6), 19.
- Jansen, E. S. (2002): «Statistical issues in macroeconomic modelling», *Scandinavian Journal of Statistics* 29, 193-217.
- Johansen, S. (1988): «Statistical analysis of cointegration vectors», *Journal of Economic Dynamics and Control* 12, 231-254.
- Johansen, S. (1995): *Likelihood-based inference in cointegrated vector autoregressive models*. Oxford: Oxford University Press.
- Johansen, S. og A. Rygh Swensen (1999): «Testing exact rational expectations in cointegrated vector autoregressive models», *Journal of Econometrics* 93, 73-91.
- Karlsen, H. A., T. Myklebust og D. Tjøstheim (2001): «Nonparametric estimation in a nonlinear cointegration model», Preprint, Matematisk institutt, Universitetet i Bergen. (En oppdatert versjon, *NonlinCoint04.pdf*, finnes på [http://www.mi.uib.no/~karlsen/working\\_paper/](http://www.mi.uib.no/~karlsen/working_paper/))
- Magnussen, K. og K. Moum (1992): «Konsum og boligformue: Tar Eilev Jansen likevel feil?» *Sosialøkonomen* 46 (1992/6), 13-18.
- Mundaca, B. G. (1991): «The volatility of the Norwegian currency basket», *Scandinavian Journal of Economics* 93, 53-73.
- Nelson, D. B. (1991): «Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach», *Econometrica* 59, 347-370.
- Nymoene, R. (1988): «Integrerte variable og empiriske lønnsrelasjoner», *Norsk Økonomisk Tidsskrift* 102, 193-215.
- Nymoene, R. (1989): «Modelling wages in the small open economy: An error-correction model for Norwegian manufacturing wages», *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 51, 239-288.
- Nymoene, R. (1991a): «Testing av økonomiske teorier ved hjelp av nyere økonomiske metoder for analyse av tidsrekke-data», *Norsk Økonomisk Tidsskrift* 105, 117-138.
- Nymoene, R. (1991b): «A small linear model of wage- and price-inflation in the Norwegian economy», *Journal of Applied Econometrics* 6, 255-269.
- Phillips, P. C. B. (1997): «The ET Interview: Professor Clive Granger», *Econometric Theory* 13, 253-303.
- Priestley, R. (2001): «Time-varying persistence in expected returns», *Journal of Banking & Finance* 25, 1271-1286.
- Sargan, J.D. (1964): «Wages and prices in the United Kingdom: A study in econometric methodology» i Hart, P. E., G. Mills og J. K. Whitaker (red.): *Econometric analysis for national economic planning*, 25-63. London: Butterworth.
- Solibakke, P.B. (2001): «Efficiently ARMA-GARCH estimated trading volume characteristics in thinly traded markets», *Applied Financial Economics* 11, 539-556.
- Solibakke, P.B. (2002): «Testing the univariate conditional CAPM evidence in thinly traded markets», *Applied Financial Economics* 12, 751-763.