
NHH**NORGES HANDELSHØYSKOLE**
Bergen, Høsten 2016

Statistisk arbitrasje: Kan pairs trading avkrefte svak markedseffektivitet på Oslo Børs?

Aksel Trygstad Lamache og Emil Varre Sandøy

Veileder: Erik Øiolf Sørensen

Masteroppgave, Master i Økonomi og Administrasjon,
Finansiell Økonomi

NORGES HANDELSHØYSKOLE

Dette selvstendige arbeidet er gjennomført som ledd i masterstudiet i økonomi- og administrasjon ved Norges Handelshøyskole og godkjent som sådan. Godkjenningen innebærer ikke at Høyskolen eller sensorer innestår for de metoder som er anvendt, resultater som er fremkommet eller konklusjoner som er trukket i arbeidet.

Sammendrag

Denne oppgaven søker å teste svak markedseffektivitet på Oslo Børs i perioden 01.01.1985-31.12.2015. Dette gjøres ved å undersøke om det er mulig å oppnå risikojustert meravkastning ved hjelp av en statistisk arbitrasjestrategi kalt *pairs trading*. Dersom effektive markeder på svak form er gjeldende skal ikke det være mulig. Rammeverket som benyttes er utviklet og testet i tidligere forskningsarbeid, men har til nå ikke blitt anvendt på det norske markedet.

Ved gjennomføring av *pairs trading* på markedsdata fra perioden, oppnås i snitt en svak negativ månedsavkastning på -0.29%. Resultatet er derimot ikke statistisk signifikant, og hypotesen om nullavkastning ved *pairs trading* beholdes på bakgrunn av denne oppgaven. Analysen indikerer at *pairs trading* har vært lønnsomt i perioden 1985 til april 1999, mens avkastningen fra mai 1999 til 2015 har vært negativ. Dette tyder på endrede forhold på Oslo Børs, og at momentum i aksjeprisene har dominert reversering i høyere grad fra 1999. Momentum i aksjene bidrar til tap ved at par som divergerer og åpnes, divergerer ytterligere innenfor investeringsperioden.

Strategien har videre blitt sammenlignet med ulike benchmarkstrategier. Disse benchmarkstrategiene er utført med ulik sammensetning av tilfeldig utvelgelse av investeringsobjekt, og tilfeldig bestemmelse av signal for investering. Sammenlignende analyse viser at signifikant høyere avkastning oppnås ved å følge det strategiske rammeverket relativt til tilfeldig gjennomføring av *pairs trading*. Strategisk utvelgelse av investeringsobjekt har størst påvirkning på avkastningen ved strategien.

Funnene fra denne analysen tyder på at det ikke er mulig å oppnå meravkastning ved hjelp av *pairs trading*, og vi kan dermed ikke avkrefte svak markedseffektivitet på Oslo Børs.

Anerkjennelse

Vi ønsker å takke vår veileder Erik Øiolf Sørensen for verdifull hjelp gjennom hele prosessen. Vi ønsker også å takke Johannes Krokeid Kolberg fra Børsprosjektet ved NHH for sammenstilling av historiske børldata, som var helt avgjørende for gjennomføringen av denne oppgaven.

Innholdsfortegnelse

1.	INNLEDNING.....	1
1.1	TEORIEN OM EFFEKTIVE MARKEDER	1
1.2	BRUDD PÅ ANTAKELSEN OM EFFEKTIVE MARKEDER	2
1.3	PAIRS TRADING	7
1.4	PAIRS TRADINGENS HISTORIE.....	10
2.	TEORI OG LITTERATUR OM PAIRS TRADING.....	11
2.1	STATISTISKE EGENSKAPER VED AKSJERS TIDSSERIER.....	11
2.2	VURDERING AV RAMMEVERK FOR PAIRS TRADING.....	12
3.	METODE.....	17
3.1	DATAKILDE OG UTVALG	17
3.2	UTVELGELSE AV PAR	17
3.3	INVESTERING	18
3.4	PORTEFØLJEAVKASTNING	19
3.5	BENCHMARK.....	20
3.6	TALLEKSEMPEL.....	21
3.7	PRAKTISK GJENNOMFØRELSE AV METODE	25
4.	ANALYSE	26
4.1	STRATEGISK RAMMEVERK	26
4.2	BENCHMARKSTRATEGIER	30
5.	KONKLUSJON OG VIDERE ANALYSE.....	34
6.	REFERANSER	36
7.	APPENDIKS	39
A1.	UTLEDNING AV ENHETSROTPROSESS	39
A2.	MEAN REVERSION	40
A3.	FUNDAMENTAL INVESTERINGSSTRATEGI.....	41
A4.	UTLEDNING AV FORMEL FOR FØRSTEORDENS KOINTEGRERTE PRISER	41
A5.	GJENNOMGANG AV RAMMEVERKET FOR STOKASTISK TILNÆRMING.....	42
A6.	FORKLARING AV DESKRIPTIV STATISTIKK	43
A7.	MÅNEDLIG AVKASTNING STRATEGISK RAMMEVERK OG BENCHMARKSTRATEGIER	44

1. Innledning

Arbitrasjemuligheter i ineffektive markeder er noe mange institusjonelle investorer aktivt søker etter. Det har blitt bygd flerfoldige strategier med mål om å generere risikofri avkastning, og forskning har vist flere eksempler på strategier som evner nettopp det. At noen aktører klarer å slå markedet uten å ta høyere risiko, setter spørsmålstegn ved finansmarkedets grad av effektivitet.

Pairs trading er en markedsnøytral, selvfinansierende investeringsstrategi, som er konstruert for å utnytte statistisk arbitrasje. Gatev, Goetzmann, og Rouwenhorst (2006) la grunnlaget for et rammeverk for pairs trading. De finner en statistisk signifikant månedlig meravkastning på 1.44% ved bruk av strategien, med lavere risiko enn markedet. Det er siden blitt utviklet og analysert flere tilnærminger til paris trading, men det originale rammeverket har til nå ikke blitt testet i Norge.

Ved bruk av Gatev *et al.* (2006) sitt rammeverk for pairs trading, vil denne oppgaven teste svak markedseffektivitet på Oslo Børs i perioden 1985-2015. For å ytterligere vurdere rammeverket vil disse resultatene sammenlignes med en tilfeldig tilnærming til pairs trading. Resultatene fra denne analysen vil vise om det ville vært mulig å generere meravkastning ved bruk av pairs trading på Oslo Børs i perioden 1985-2015, og med det svare på om pairs trading kan avkrefte svak markedseffektivitet på Oslo Børs.

1.1 Teorien om effektive markeder

I 1970 beskrev Eugene F. Fama (1970) et marked som effektivt dersom prisene til enhver tid reflekterer all tilgjengelig informasjon om fremtidige verdier. Hvis dette er oppfylt, vil alle aksjer handles til sin rettmessige verdi. Det vil da ikke være mulig å tjene penger på å spekulere i om aksjer er over- eller underprisede, og avkastning utover markedet vil kun oppnås ved å påta seg høyere risiko. Teorien om markedseffektivitet skiller mellom effektive markeder på svak, semisterk og sterk form.

Markedseffektivitet på svak form legger til grunn at prisen på en aksje følger en tilfeldig prosess.¹ Dette innebærer at den fremtidige prisen til en aksje er helt uavhengig av dens historiske priser. Det vil derfor ikke være mulig å generere meravkastning ved å spå fremtidig prisutvikling basert på teknisk analyse, ettersom denne informasjonen allerede er reflektert i

¹ Se Appendiks A1 for fullstendig utledning av enhetsrotprosessen.

prisen.^{2,3} Semistærk form for markedseffektivitet krever at i tillegg til all historisk informasjon, skal også all offentlig informasjon være reflektert i aksjeprisene. Under dette skjerpede kravet til markedseffektivitet skal det altså ikke kunne oppnås meravkastning basert på fundamental analyse av offentlig, finansiell informasjon om et selskap. Til slutt, for at et marked skal være effektivt på sterk form, må også all privat informasjon være reflektert i aksjeprisene. Dette kravet hindrer følgelig innsidere i å generere meravkastning på bakgrunn av privat informasjon de har om en aksje, ettersom markedsprisene til enhver tid vil være justert for denne informasjonen.

1.2 Brudd på antakelsen om effektive markeder

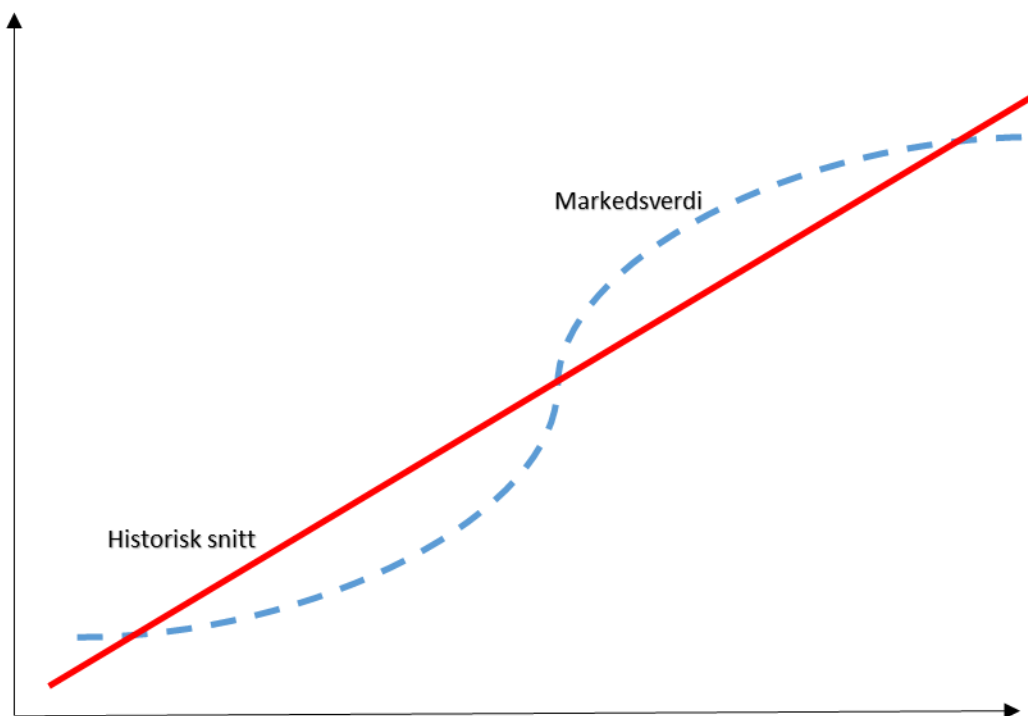
Effektive markeder er en grunnleggende antakelse for akademisk verdsettelsesteori. Forskning har allikevel avdekket flere brudd på de ulike formene for markedseffektivitet.

Svak markedseffektivitet krever som tidligere nevnt at det ikke skal være mulig å generere meravkastning basert på analyse av historisk informasjon. Forskning har derimot vist at det er mulig å finne forutsigbare prismønstre i markedet på bakgrunn av slik analyse. Et eksempel på dette er *ukedagseffekten* (French, 1980), som avdekker et forutsigbart mønster i aksjemarkedets prisutvikling basert på ukedag. Tilsvarende forutsigbarhet vises også ved *januareffekten*, med høyere observert avkastning i aksjemarkedet i januar sammenlignet med andre måneder (Rozeff & Kinney Jr., 1976). Disse funnene bryter med teorien om at aksjepriser følger en tilfeldig prosess, og representerer dermed brudd på svak markedseffektivitet.

Et annet fenomen som bryter med svak markedseffektivitet er reversering av aksjepriser, også kalt *mean reversion*. Dette innebærer at en aksjepris har et historisk snitt, som den på sikt vil returnere til. Basert på dette fenomenet vil det derfor forventes at en økning(reduksjon) fra det historiske snittet i en aksjepris, vil etterfølges av en reduksjon(økning) i prisen. Mean reversion bryter med svak markedseffektivitet, ettersom det tillater forutsigbarhet i fremtidig prisutvikling basert på historisk avkastning.

² Meravkastning er avkastning utover risikofri avkastning.

³ Teknisk analyse er analyse av historisk prisdata.



Figur 1.1

Bevegelse av markedspris i forhold til det historiske snittet

Mean reversion illustreres ved at en bevegelse vekk fra den røde linjen, det historiske snittet, etterfølges av en reversering tilbake til dette snittet.

Teorien fokuserer i hovedsak på betydelige avvik fra det historiske snittet, mens moderate svingninger sees på som en del av det forventede variasjonsmønsteret. Avvik fra det historiske snittet er blant annet forbundet med overreaksjoner hos aktører i finansmarkedene. Eksempler på dette er at investorer feiltolker eller overdriver betydningen av ny informasjon. Når denne overreaksjonen korrigeres for returnerer markedsprisen tilbake til sitt historiske snitt.⁴ De Bondt og Thaler (1985) tester svak markedseffektivitet gjennom å undersøke i hvilken grad overreaksjoner på uventede og viktige selskapsnyheter påvirker aksjepriser. Deres resultater avdekker en signifikant sammenheng, som sammen med en rekke andre funn avkrefter svak markedseffektivitet.

Et brudd på semistærk form for markedseffektivitet vil innebære at markedsprisene ikke reflekterer all historisk og offentlig informasjon. Leuthold og Hartmann (1979) tester dette kravet til semistærk markedseffektivitet for futures i råvaremarkedet.⁵ Dette gjennomføres ved å benytte en økonometrisk modell med utgangspunkt i offentlig informasjon om fremtidig

⁴ For illustrasjon av mean reversion, se appendiks A2.

⁵ Forskingen tester futures på råvaremarkedet for levende griser. Markedet skiller seg fra andre futuresmarkeder ved at tilbudet for en grisebestand som regel må bestemmes før markedsprisen er satt.

tilbud og etterspørsel for råvaren. Forskningen viser at modellen lykkes med å profitere på avvik mellom modellens estimerte verdier og markedspris, og viser med det at futureprisene ikke reflekterer all offentlig informasjon til enhver tid. Videre har Abarbanell og Bushee (1998) testet lønnsomheten av en strategi som baserer seg på fundamental analyse i perioden 1974-1988. Med utgangspunkt i offentliggjøring av ny regnskapsinformasjon, tar strategien sikte på å verdsette den fundamentale verdien til et selskap. Dersom verdsettelsen avviker fra markedspris, kjøpes eller selges aksjen med forventning om at prisen skal gå mot fundamental verdi. Strategien generer en årlig meravkastning på 13.2% over den analyserte perioden, og forfatterne påpeker at deres metode for verdsettelse avdekker informasjon om fremtidige verdier i et selskap som ikke er reflektert i markedsprisen. I likhet med resultatene til Leuthold og Hartmann (1979) strider dette med umiddelbar refleksjon av offentlig informasjon i markedsprisene, som er kravet for semisterk markedseffektivitet.

Ved sterk markedseffektivitet må også all relevant, privat informasjon være priset inn i markedet. Det skal da ikke være mulig for innsidere å oppnå en meravkastning, ettersom eventuell informasjon de sitter på allerede vil være priset inn i aksjen. Dette er blitt testet av Finnerty (1976), som finner at innsidere oppnår en signifikant meravkastning på sine transaksjoner. Resultatene indikerer at de er i stand til å profitere på privat informasjon de har kjennskap til, som bryter med kravet til sterk markedseffektivitet.⁶ Senere har Abdel-Khalik og Ajinkya (1982) undersøkt om det er mulig å generere meravkastning ved analyse av finansielle prognoser som ikke er offentlige. Gjennom test av historiske data, viser de at det ville vært mulig å oppnå systematisk meravkastning i perioden ved handel basert på disse prognosene før de ble gjort kjent for allmennheten. Denne forskningen avkrefter dermed også teorien om full refleksjon av privat informasjon i aksjepriser, og markedseffektivitet på sterk form. Det er derimot ikke et brudd på semisterk form for markedseffektivitet, ettersom prognosene ikke var offentliggjort.

Teorien om effektive markeder forutsetter at aktører tar rasjonelle valg basert på all relevant, tilgjengelig informasjon. Rasjonelle investorer defineres som aktører som tar objektive, profittmaksimerende valg. Dersom all relevant informasjon er tilgjengelig, vil avvik fra effektive priser innebære at det er aktører som handler irrasjonelt.

Milton Friedman (1953) argumenterer for at irrasjonell investeringsatferd vil føre til tap over tid, som etterhvert vil drive irrasjonelle aktører ut av finansmarkedet. Irrasjonelle aktører vil derfor ikke påvirke aksjepriser på sikt. Friedman sine atferdsteorier har senere blitt

⁶ Innsidernes handel basert på privat informasjon er innenfor lovlig innsidehandel.

etterprøvd av Kogan, Ross, Wang og Westerfield (2006). De viser at irrasjonell investeringsatferds påvirkning på markedet ikke avhenger av hvor lenge aktørene overlever, og at deres investeringer vil ha påvirkning selv med små formuer. Slik irrasjonell atferd skaper «støy» i aksjemarkedet, ved at deres aktivitet bidrar til at prisene avviker fra sine effektive verdier.

Av teorien om rasjonelle aktører følger det at en investor vil handle objektivt, uavhengig av følelsesmessige faktorer. Kahneman og Tversky (1979) tar for seg investeringspsykologi blant investorer ved å undersøke deres atferd ved kjøp og salg av aksjer i en portefølje. De viser at investorer generelt vil ha en høyere tilbøyelighet til å selge en aksje som har gitt dem gevinst, fremfor en aksje som har gitt dem tap i porteføljen. Denne preferansen begrunnes i investorenes motvilje til å realisere tap, og fører til at investorer tar valg basert på å unngå tap fremfor å maksimere total gevinst. Slik tapsaversjon påvises også av Camerer, Babcock, Loewenstein og Thaler (1997), gjennom en analyse av lønnselastisitet for taxisjåførere i New York. Mer spesifikt tar forfatterne for seg sjåførenes preferanser mellom arbeidstimer og fritid over dager hvor det er ulikt potensiale for profitt, samtidig som de jobber opp mot en målsatt inntjening per dag. Forskningen viser at taxisjåførene vil jobbe flere timer på dager med lavt potensiale for inntjening, for eksempel dager med fint vær, sammenlignet med dager hvor det er høyt potensiale for inntjening, for eksempel dager med regn. Denne atferden indikerer at taxisjåførene legger større vekt på å nå den målsatte inntjeningen, fremfor å maksimere den langsiktige inntjeningen ved å jobbe mindre på solskinnsdager og lenger på regnværsdager. Taxisjåførenes atferd begrunnes i at det er viktigere for dem å unngå det som oppleves som tap, altså å ikke nå målsatt inntjening, enn å maksimere total gevinst over en lenger periode.

Heuristisk beslutningstaking bidrar også til irrasjonell investeringsatferd. Dette går ut på at mentale snarveier benyttes ved avgjørelser, som ikke nødvendigvis er rasjonelle gitt all relevant informasjon. Kahneman og Tversky (1973) ser på omfanget av slike tolkninger i finansmarkedene. De påpeker at heuristisk beslutningstaking er forbundet med investorers overdrevne tro på egne evner til å ta viktige avgjørelser og spå fremtidig prisutvikling. Eksempler på dette er at avgjørelser tas basert på tidligere erfaring, magefølelse eller tommelfingerregler. Disse snarveiene benyttes dersom det må gjøres kjappe valg, og det er mangel på ressurser til å prosessere all relevant informasjon. Slik tolkning av informasjon fører til at det tas avgjørelser som ikke nødvendigvis fører til maksimering av verdi, og bidrar til at markedsprisene drives vekk fra sine effektive verdier. Slike avvik gir grunnlag for profitt for arbitrasjører.

Overreaksjoner blant investorer vil som tidligere nevnt bidra til ineffektivitet i markedet ved at det gjøres transaksjoner som driver markedsprisene bort fra sine fundamentale verdier. Lehmann (1990) tester markedseffektivitet ved å undersøke om selvfinansierende porteføljer lykkes med å oppnå risikofri avkastning. Resultatene hans indikerer at markedene har en tendens til å over reagere på viktige selskapsnyheter, slik at det oppstår avvik mellom markedspris og fundamental verdi for en aksje. Lehman viser at det er mulig å oppnå meravkastning med en strategi som tar korte posisjoner ved positive nyheter, og lange posisjoner ved negative nyheter om en aksje. Posisjonene inntas da etter at markedet har reagert på nyheten, med en forventning om at markedet har over reagert. Strategien vil da profitere på at denne overreaksjonen korrigeres. Slike avvik søker også fundamentorienterte investorer å utnytte, og vil investere med overvekt(undervekt) i en aksje dersom den observerte markedsprisen er under(over) aksjens fundamentale verdi. Tanken bak strategien er at en aksjepris på sikt vil returnere til sin fundamentale verdi.⁷

Til tross for stor oppmerksomhet rundt fundamental analyse, er absolutt prising problematisk i praksis, ettersom den er avhengig av å anslå kontantstrømmer langt frem i tid. En alternativ metode til dette er relativ prising, som tar utgangspunkt i aksjenes relative pris i forhold til hverandre. Chen og Knez (1995) argumenterer for at markeder som er tett integrerte, også bør ha tett integrerte priser. Dette overføres til aksjeprising ved at aksjer som har like trekk, og reagerer likt på ulike markedsendringer, også bør ha lignende priser. Det settes altså ikke krav til at prisene skal være identiske. Relativ prising er i høyere grad basert på *loven om én pris*, eller snarere loven om *lignende pris*. Dersom det tas utgangspunkt i en industrisektor, vil relativ prising tillate overprising av sektoren, så lenge det relative prisforholdet mellom aksjene er korrekt. Relativ prising representerer følgelig et svakere krav til markedseffektivitet. Oppfyllelse av denne svakere formen for markedseffektivitet vil allikevel ta bort mye av muligheten for arbitrasjeaktivitet, ettersom det i mindre grad gir mulighet til å utnytte prisforskjeller mellom aksjer.

Forskning har altså vist at det eksisterer fundamentale brudd på antakelsen om effektive markeder. Det har derfor blitt viet mye arbeid til å bygge handelsstrategier som har som mål å utnytte dette. På bakgrunn av teorien om mean reversion, har det blitt gjort forsøk på å utnytte reversering av aksjepriser i markedet. Fluck, Malkiel, og Quandt (1997) tar utgangspunkt i en motstrøms investeringsstrategi, som innebærer å gå lang i tapere og kort i vinnere på børsen. Ved test av historiske data viser forskningen at en slik motstrøms investeringsstrategi på 80-

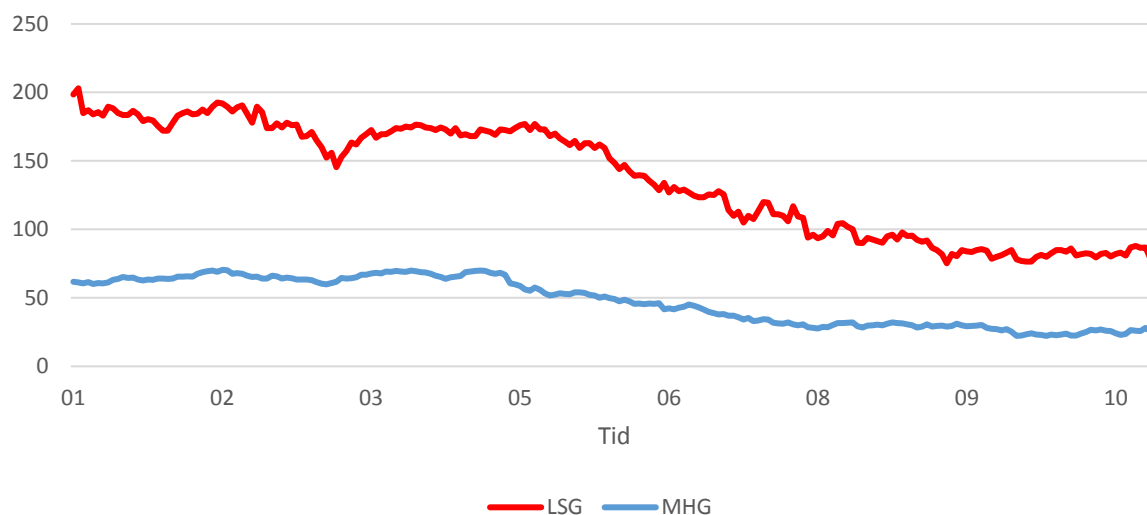
⁷ For illustrasjon av fundamentorientert investeringsstrategi, se appendiks A3.

tallet ville generert meravkastning utover S&P 500. Mer spesifikt påpekes det at aksjer som har prestert spesielt dårlig de seneste tre til fem årene, har en tendens til å ha en høy avkastning i påfølgende periode. Det er derimot store utfordringer knyttet til uforutsigbarheten rundt tidsperspektivet på reversering tilbake til det historiske snittet. Balvers, Wu og Gilliland (2000) finner at reverseringen inntreffer i løpet av tre til tre og et halvt år etter at avviket oppstår. Innenfor perioden 1969-1996 vises det at en strategi som fullt ut lykkes med å utnytte denne reverseringen presterer bedre enn markedet.

1.3 Pairs trading

Pairs trading er en strategi som bygger på teknisk analyse av historiske priser. Strategien går ut på å finne par av aksjer som har hatt et stabilt prisforhold seg imellom. Det forventes da at det relative, historiske prisforholdet mellom to slike aksjer forholder seg stabilt også fremover. Ideen bak strategien kan sammenlignes med relativ prising (Chen & J. Knez, 1995)- aksjer som har like trekk, og reagerer likt på ulike markedsendringer, bør også ha lignende priser. Testing av pairs trading kan altså ansees som en test av den relative prisingen mellom aksjene, og ikke en test av deres absolutte priser.

Første steg i strategien er at investor identifiserer par av aksjer som er egnet for pairs trading.



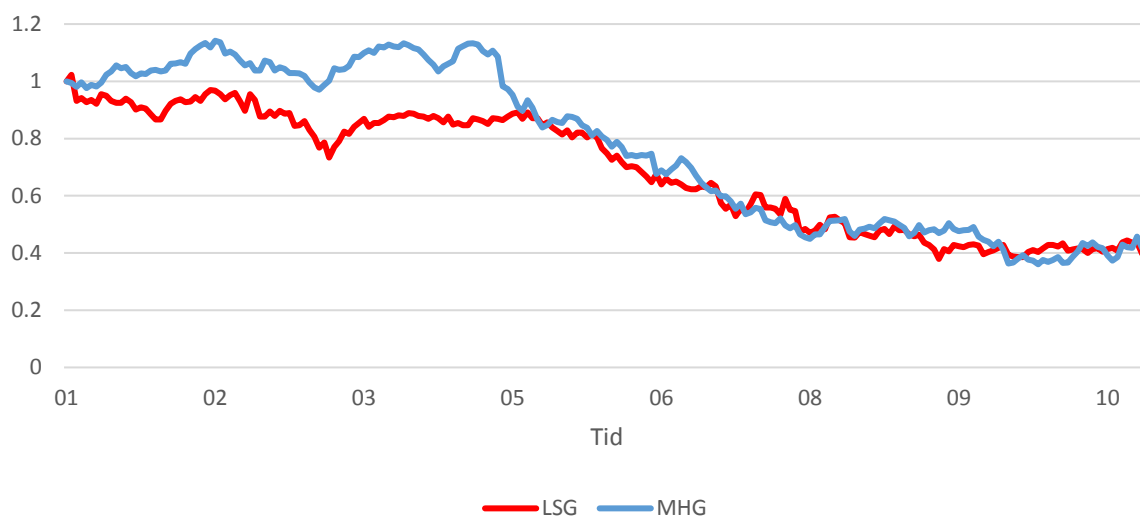
Figur 1.2

Observasjon av daglige aksjepriser for Lerøy og Marine Harvest, som er ansett som egnet for pairs trading

Januar-november 2014.

Investor observerer aksjene over en periode, og velger ut de best egnede aksjeparene basert på et bestemt mål, for eksempel høyest historisk korrelasjon mellom aksjene. Ettersom det er stor

grad av variasjon i aksjenes absolutte prisnivå, benyttes indekserte priser for å få et relativt mål på hvordan aksjeprisene har utviklet seg i forhold til hverandre.

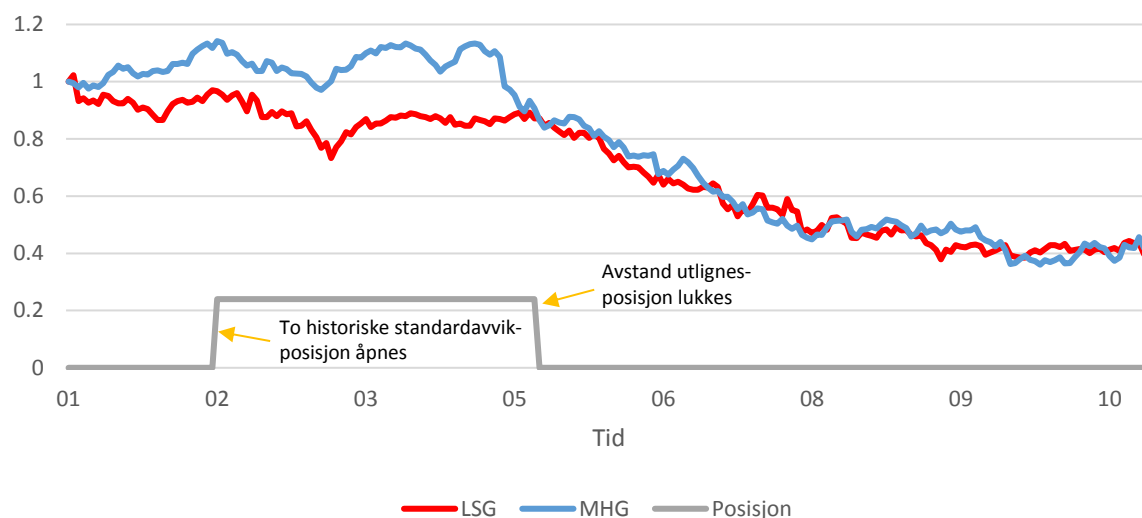


Figur 1.3

Indekserte daglige aksjepriser for Lerøy og Marine Harvest, som er ansett som egnet for pairs trading

Januar-november 2014.

De utvalgte parene utgjør så en portefølje som investor i påfølgende periode skal investere i. Det observeres da hvordan de indekserte prisene i paret utvikler seg. Dersom den indekserte prisdifferansen blir tilstrekkelig stor, inntar investoren posisjoner i paret, med forventningen om at den vil finne tilbake til sitt historiske gjennomsnitt. Differansen må være av en størrelse som overgår det normale variasjonsmønsteret. Et mye brukt mål innen pairs trading, er en differanse på to historiske standardavvik. Når differansen overstiger denne grensen, kjøper investoren den aksjen som har hatt en relativ prisnedgang, og selger den aksjen som har hatt en relativ prisøkning. Med utgangspunkt i det historiske prisforholdet, forventes det at differansen skal utlignes. Dersom dette skjer, vil investoren tjene på at den kjøpte aksjen har steget i verdi og/eller at den solgte aksjen har falt i verdi. Det er når differansen returnerer til null, eller skifter fortegn, at investoren selger og kjøper seg ut av posisjonene i paret.



Figur 1.4

Indekserte daglige aksjepriser med markering for åpning og lukking av posisjon i paret bestående av Lerøy og Marine Harvest Januar-november 2014.

Pairs trading skiller seg fra andre handelsstrategier ved at den er markedsnøytral- det spekuleres ikke i aksjemarkedets utvikling, men snarere to aksjers utvikling i forhold til hverandre. Strategien søker altså å eliminere den systematiske risikoeksponeringen, og tidligere forskning viser at pairs trading oppnår lavere risiko enn markedet (Gatev *et al.*, 2006).^{8,9} Det kreves heller ingen initial investering, ettersom det investeres like mye i den lange og korte posisjonen, som gir en nettoposisjon på null.

Ideen bak lønnsom pairs trading har en tett sammenheng med fenomenet mean reversion, ettersom den avhenger av at midlertidige, prismessige avvik fra det historiske snittet reverseres innenfor en gitt periode. Strategien søker altså å utnytte midlertidig ineffektivitet i aksjers markedspris. Statistisk signifikant meravkastning ved pairs trading vil indikere slik ineffektivitet i aksjeprisene, og dermed representere et brudd på teorien om effektive markeder på svak form. Denne oppgaven vil videre teste dette basert på daglige, historiske kurser fra Oslo Børs. Svak markedseffektivitet krever som nevnt at det ikke er mulig å oppnå meravkastning med teknisk analyse av historisk informasjon, uten å ta høyere risiko. Legges denne teorien til grunn, forventes det ikke at pairs trading gir statistisk signifikant meravkastning.

⁸ Ved bruk av Fama-French femfaktormodell (Fama & French, 2015) for risikoanalyse, viser Gatev *et al.* (2006) at markedet ikke har signifikant påvirkning på avkastningen ved pairs trading.

⁹ Standardavvik tilsvarer gjennom perioden mellom halvparten til en tredjedel av S&P 500, som er indeksen strategien sammenlignes med i forskningen til Gatev *et al.* (2006).

Selv om pairs trading prøver å eliminere markedsrisiko, har den også en rekke selskapsspesifikke risikofaktorer ved seg. Pairs trading går ut på å ta posisjoner i aksjer innenfor et utvalgt par, dersom deres priser divergerer utover en forhåndsbestemt grense. Slik divergens mellom to aksjer i et par kan derimot skyldes fundamentale endringer i det enkelte selskapet, som ikke er tatt hensyn til ved dannelsen av paret. Dette gjør følgelig at paret er mindre egnet for pairs trading, da de sannsynligvis ikke vil konvergere innenfor perioden, og dermed føre til tap.

Et fenomen som byr på ytterligere risiko ved pairs trading er momentum, som i motsetning til mean reversion går ut på at vekst(fall) i en aksjes markedspris etterfølges av ytterligere vekst(fall). Momentum skyldes blant annet at investorer tar historisk økning i aksjepriser som et tegn på videre økning i framtiden. Dette fører til transaksjoner som bidrar til ytterligere prisøkning på kort sikt. Meravkastning ved pairs trading avhenger av at trender bort fra det historiske snittet reverseres innenfor en gitt periode. Det er derfor risiko for store tap dersom momentum bidrar til at denne trenden fortsetter ut perioden. Gatev *et al.* (2006) tar for seg risiko for slikt prispress ved pairs trading, og viser gjennom Fama-French femfaktormodell (Fama & French, 2015) at momentum har signifikant, negativ påvirkning på avkastning ved pairs trading.

1.4 Pairs tradingens historie

Pairs trading ble først implementert gjennom et prosjekt arrangert av Morgan Stanley & Co. på midten av 1980-tallet. Prosjektet, ledet av Nunzio Tartaglia, bestod av en gruppe fysikere, matematikere og dataingeniører, som fikk i oppgave å undersøke arbitrasjemuligheter i finansmarkedene (Gatev *et al.*, 2006).

Teamet benyttet seg av avanserte datasystemer for å identifisere par av aksjer som så ut til å bevege seg sammen i markedet. Hensikten var å erstatte ferdigheter og investeringspsykologi hos investoren med disiplinerte regler for investering. Strategien var svært vellykket i begynnelsen, og teamet genererte en meravkastning på 50 millioner USD i 1987. Det ble derimot rapportert om avtakende meravkastning de etterfølgende årene, og prosjektet ble lagt ned allerede i 1989.

Strategien ble siden tatt i bruk av flere hedge fund, hvor et av de mest kjente var fondet Long-Term Capital Management (LTCM), som ble opprettet i 1994 med 1.01 milliarder USD i forvaltet kapital. Fondet baserte investeringene sine hovedsakelig på kvantitative modeller, blant annet pairs trading. De første årene genererte LTCM høy avkastning, men oppnådde

dårligere resultater etter den asiatiske finanskrisen i 1997 og den russiske finanskrisen i 1998. På dette tidspunktet hadde fondet store pairs trading posisjoner, blant annet 2.30 milliarder USD i paret Royal Dutch og Shell (Lowenstein, 2000). Som følge av tap på andre investeringsområder, ble LTCM tvunget til å handle ut av pairs trading posisjonene før konvergens, hvilket resulterte i et tap på 286 millioner USD fra strategien. Over halvparten av dette kom fra Royal Dutch og Shell-paret. Fondet måtte få tilført kapital fra den amerikanske sentralbanken for å ikke gå konkurs, men ble likevel lagt ned i 2000. Med høy avkastning rett etter oppstart og store tap rett før nedleggelse, står LTCM igjen som eksempel på både potensialet og risikoen ved pairs trading.

2. Teori og litteratur om pairs trading

2.1 Statistiske egenskaper ved aksjers tidsserier

Det statistiske rasjonale for å drive pairs trading er *stasjonære tidsserier*.¹⁰ En aksjes tidsserie er stasjonær når sannsynligheten for en pris er uavhengig av posisjon i tidsserien (Wooldridge, 2015).

$$E(y_t) = E(y_{t-s}) \quad (2.1)$$

(2.1) viser et konstant, forventet prisgjennomsnitt på tvers av tidsseriene, t . Dette gjennomsnittet vil være likevekten i verdsettelsesforholdet mellom aksjene, som innebærer at ved avvik vil det være forventet at prisen returnerer tilbake til snittet. Eventuelle svingninger i forholdet skyldes felles *ikke-stasjonære faktorer*, som er faktorer som endrer sannsynlighetsfordeling over tid.¹¹ Når to aksjer svinger med felles ikke-stasjonære faktorer, betyr det at de er *kointegrerte*. Nærmere bestemt, etter Bossaerts modell (1988), er aksjeprisene da førsteordens kointegrerte.¹² Dersom to tidsserier er kointegrerte av første orden, vil differansen av deres tidsserier være en stasjonær tidsserie. Ved å ta differansen av de to tidsseriene vil de felles ikke-stasjonære faktorene utligne hverandre, og resultatet er

¹⁰ En tidsserie er en samling observasjoner indeksert med tidspunkt for hver observasjon.

¹¹ Når sannsynlighetsfordelingen endrer seg, vil det ikke eksistere en likevekt over tid.

¹² For utledning av formel for førsteordens kointegrerte priser, se appendiks A4.

likevekten i prisforholdet fra (2.1). Avvik fra denne likevekten vil derfor kun være midlertidige, og etterhvert reverseres. Det er da mulig å profitere ved å ta posisjoner i finansmarkedene som reflekterer forventningen om reversering tilbake til denne likevekten, og dette er fundamentet for pairs trading.

2.2 Vurdering av rammeverk for pairs trading

Med rammeverk menes et sett med regler som bestemmer hvordan en investor skal utøve strategien, og inkluderer alt fra hvordan par velges ut til hvordan avkastningen blir beregnet. Innen pairs trading litteratur er det hovedsakelig tre tilnærminger til dette rammeverket: *Avstands-*, *kointegrasjons-* og *stokastisk tilnærming*. Forskjellen mellom disse tilnærmingene ligger i metoden som benyttes for å identifisere best egnede par, og bestemmelse av grense for når posisjoner i parene skal åpnes og lukkes. Signal vil videre i oppgaven bli brukt om denne forhåndsbestemte grensen.

Ved *avstandstilnærmingen* til pairs trading formes parene ved å finne de aksjene som har minst avstand mellom seg, målt i kvadrert differanse mellom normaliserte priser:

$$\text{Normalisert pris: } \tilde{P}_t = \frac{P_t}{P_0} \quad (2.2)$$

$$\text{Annengradsdifferanse: } D^{AB} = \sum_{t=1}^T (\tilde{P}_t^A - \tilde{P}_t^B)^2 \quad (2.3)$$

De aktuelle parene identifiseres da over en periode, før de inkluderes i en investeringsportefølje. En posisjon i paret inntas hvis den indekserte prisdifferansen mellom aksjene i paret overstiger et bestemt signal:

$$|\tilde{P}_t^A - \tilde{P}_t^B| \geq |q| \quad (2.4)$$

Avstandstilnærmingen har fordelen av å være enkel, samtidig som den ikke er modellbasert. Dette innebærer at den utelukkende baserer seg på observerte, historiske verdier, og ikke er avhengig av estimering av parametere (Do, Faff, & Hamza, 2006). Tilnærmingen er derfor ikke sårbar for feilestimeringer og modellfeil. På den annen side så er en svakhet ved tilnærmingen at den mangler prognoseegenskaper. I tillegg antar den også at avstanden

mellom to aksjer er stasjonær på lang sikt. Dette forutsetter at det eksisterer pargrupper med nær identiske avkastning-risiko profiler, som kan framstå som en lite realistisk antakelse. Avstandstilnærmingen er allikevel den tilnærmingen som benyttes mest i faglitteraturen.

Den første og mest anerkjente forskningen på pairs trading, ble gjennomført av Gatev *et al.* (2006) i 1999, og senere oppdatert i 2006. De la grunnlaget for avstandstilnærming som rammeverk for pairs trading. Med amerikansk børldata for 1962-2002, viser de at dette rammeverket i snitt oppnår en 1.44% månedlig meravkastning i perioden. Forskningen viser at meravkastningen kommer fra midlertidig feilprising i det relative prisforholdet mellom aksjer, og at korleksjon av feilprisingen er en kilde til meravkastning. Det avdekkes også at avkastning påvirkes av en felles risikofaktor, som ikke kan forklares ved standard risikoanalyse.¹³

Tilsvarende rammeverk for avstand er også brukt av Andrade, di Pietro og Seasholes (2005), som med utgangspunkt i børldata fra det taiwanske aksjemarkedet i perioden 1994-2002 avdekker en årlig meravkastning på 10.18%. De peker på sjokk forårsaket av uinformerte investorer som hovedårsak til meravkastning fra pairs trading. Deres atferd bidrar til et prispress bort fra fundamentale verdier, som gjør at par i porteføljen åpnes. Den påfølgende korleksjonen av feilprisingen fører til at par konvergerer, som gir en positiv meravkastning.

Basert på Gatev *et al.* (2006) sitt rammeverk finner Do og Faff (2010) en positiv, men avtakende lønnsomhet ved test på amerikanske børldata fra 1962-2009. Denne avtakende lønnsomheten forklares med at stadig færre aksjepriser i parene konvergerer etter å ha divergert i løpet av perioden. Forfatterne argumenterer for at prisene divergerer som en følge av endret selskapskarakteristikk i aksjene. Det betyr at divergensen skyldes fundamentale endringer og ikke feilprising, hvilket gjør parene mindre egnede for pairs trading. Et annet interessant funn i publikasjonen er at pairs trading viser seg å prestere sterkere i krisetider. Dette kommer av tiltakende støy i finansmarkedene, som bidrar til feilprising som pairs trading lykkes med å utnytte.

Etter at rammeverket har blitt testet ut i tidligere forskning, ser Roquette (2011) på mulige tiltak for å forbedre avkastningen ved pairs trading, og tar for seg blant annet *konvergensrisiko*.¹⁴ Han trekker frem begrensinger i perioden et par er åpent som et effektivt tiltak. Roquette viser at dersom par ikke konvergerer innenfor en gitt tidsramme, er det en indikasjon på at aksjene ikke lenger er egnet for pairs trading. Det vil derfor være

¹³ Fama-French femfaktormodell (Fama & French, 2015) benyttes.

¹⁴ Konvergensrisiko er risikoen for at et par ikke lukkes etter åpning.

hensiktsmessig å lukke posisjonene tidligere for å unngå ytterligere tap. Sammen med en rekke andre tiltak viser denne rapporten at en begrensning på ti dager for åpne posisjoner forbedrer månedsavkastningen med opptil 0.30 prosentpoeng.

Engelberg, Gao og Jagannathan (2008) tar for seg de underliggende årsakene til hvorfor par divergerer og konvergerer, som er grunnlaget for lønnsom pairs trading. Av hovedfunnene deres er blant annet at dersom det forekommer idiosynkratiske nyheter om en av aksjene i et par, så vil lønnsomheten i paret reduseres. Dette kommer av at risikoen forbundet med pairs trading øker, i form av *divergensrisiko* og *arbitrasjerisiko*.¹⁵ De finner også at høy likviditet og positive likviditetssjokk øker profitten, da det øker sjansen for at par åpner, samtidig som risikoen er lavere.¹⁶

Med en *kointegrasjonstilnærming* til pairs trading, brukes en regresjon av en aksje på en annen aksje for å finne prisdifferansen og en langsiktig likevekt for forholdet mellom de to:

$$P_t^A - \hat{\beta}P_t^B = \hat{\mu} + \hat{\varepsilon}_t \quad (2.5)$$

Posisjoner inntas så hvis denne differansen bryter en gitt grense:

$$|P_t^A - \hat{\beta}P_t^B - \hat{\mu}| \geq |q| \quad (2.6)$$

Tanken bak rammeverket bygger på teorien om at aksjepriser er kointegrerte (Bossaerts, 1988). Teorien innebærer at to aksjepriser består av to komponenter hver, en tilfeldig og en ikke-tilfeldig, hvor den tilfeldige komponenten er lik for begge. Aksjene er da kointegrerte av første orden. Den tilfeldige komponenten fjernes fra tidsserien ved å kombinere disse to aksjene med et bestemt forholdstall. Da vil det kun være igjen ikke-tilfeldige komponenter.

Fordelen ved kointegrasjonstilnærmingen er at det er et enkelt rammeverk hvor egenskapene ved mean reversion, som er sentrale for pairs trading, blir modellert eksplisitt. Estimeringen av modellens parametere er også simpel, siden dette gjøres kun ved hjelp av regresjon av en aksjepriserie på en annen. Ulempen ved å benytte seg av

¹⁵ Divergensrisiko er risikoen for ytterligere divergens. Arbitrasjerisiko er blant annet risikoen ved å få utført ønsket handel og risikoen forbundet med å holde posisjoner.

¹⁶ Likviditet forbindes her med handelsaktivitet i aksjen, som påvirker hvor effektivt man kan kjøpe og selge en aksje. Ved høy likviditet vil det være enklere å kjøpe og selge en aksje.

kointegrasjonstilnærmingen er at det er vanskelig å koble parameterne i modellen til verdsettelsesteori (Do *et al.*, 2006).¹⁷

Granger og Engle (1987) viser ved analyse av kointegrerte aksjer, at aksjene hyppig beveger seg vekk fra sitt historiske snitt for så å returnere til dette snittet. Dette ville ved pairs trading bidratt til høy grad av åpning og lukking av par. Vidyamurthy (2004) la på bakgrunn av disse resultatene grunnlaget for kointegrasjonsrammeverket for pairs trading. Forfatteren viser ikke til noen empiriske resultater i sin bok, men gir et rammeverk for hvordan pairs trading kan utføres med utgangspunkt i kointegrasjon. Schmidt (2008) analyserer også pairs trading basert på kointegrasjonstilnærmingen med utgangspunkt i 17 aksjer på det australske markedet. Rapporten tar ikke sikte på å gjennomføre faktiske handler, men snarere analysere bevegelsene til aksjene rundt deres historiske snitt. Analysen avdekker i likhet med Granger og Engle (1987) hyppige bevegelser rundt det historiske snittet, som innebærer at aksjeprisene gjentatte ganger divergerer for så å konvergere.

Videre blir kointegrasjonsrammeverket testet av Hoel (2013) på det norske markedet i perioden 2003-2012, for å undersøke om det er mulig å oppnå meravkastning ved pairs trading på Oslo Børs. Hoel avdekker at pairs trading hadde oppnådd en månedlig negativ snittavkastning på -0.54% i løpet av den analyserte perioden. Dette resultatet forbedres heller ikke når det blir lagt begrensning på parring av aksjer med hensyn på industri.¹⁸ Forfatteren forklarer at negativ profitt forårsakes av fundamentale endringer i aksjene innenfor parene. I tråd med resultater fra Do og Faff (2010), gjør dette at aksjene ikke lenger er egnet for pairs trading, ettersom aksjenes historiske snitt ikke lenger er representativt for fremtidig prisutvikling. Dette indikerer at divergens i aksjeprisene representerer en refleksjon av endrede effektive verdier, og ikke feilprising.

Ved *stokastisk tilnærming* til pairs trading, modelleres prisdifferansen mellom to aksjer som en tilfeldig variabel med egenskapene til mean reversion i kontinuerlig tid. Det antas at det eksisterer en observerbar prosess y_k , og en skjult prosess $x_{k+1} - x_k$.¹⁹ Videre anslås \hat{x}_k , et anslag for den skjulte prosessen, ved hjelp av:

$$\hat{x}_k = E(x_k | Y_k) \tag{2.7}$$

¹⁷ Kointegrasjonskoeffisienten, som gir forholdstallet mellom antall aksjer i den lange posisjonen og i den korte posisjonen, er det vanskelig å forankre i fundamental prisingsteori.

¹⁸ Ved begrenset parring med hensyn på industri tillates aksjer kun å parres med aksjer innenfor samme industrisektor.

¹⁹ For detaljert gjennomgang av rammeverk for stokastisk tilnærming, se Appendiks A5.

De parene med lavest differanse velges ut, og posisjoner i paret åpnes hvis den observerte differansen y_k overstiger anslaget \hat{x}_k med en bestemt størrelse:

$$|y_k| \geq |q\hat{x}_{k|k-1}| \quad (2.8)$$

Fordelen med denne tilnærmingen til pairs trading er at den fanger opp mean reversion. I tillegg kan rammeverket benyttes til å predikere fremtidig utvikling i aksjeprisene. En svakhet ved stokastisk tilnærming er at den forutsetter avkastningsparitet mellom aksjene i parene, i likhet med avstandstilnærmingen.

Elliot, Van Der Hoek og Malcolm (2005) utarbeidet et stokastisk rammeverk for pairs trading. Forfatterne presenterer de matematiske og statistiske sammenhengene som ligger bak modellen, men i likhet med Vidyamurthy (2004) gir denne artikkelen ingen empiriske bevis for framgangsmåten. Elliot *et al.* la med denne forskningen grunnlaget for hvordan pairs trading kan utføres basert på en stokastisk tilnærming.

Dette fulgte Yang, Tsai, Shyu og Chang (2016) opp, og analyserte pairs trading på S&P 500 med en stokastisk tilnærming. I likhet med Do og Faff (2010) finner de en høyere lønnsomhet med pairs trading under kriseårene 2008-2009, som begrunnes i økt støy og irrasjonell handel i markedet. De avdekker at avkastningen på porteføljene er høyere jo kortere posisjonene innenfor et par er åpent. Videre påpeker Yang *et al.* også at det oppnås en høyere avkastning jo færre par som inkluderes i porteføljen.

Formålet med denne oppgaven er å teste svak markedseffektivitet på Oslo Børs med historisk analyse. Basert på vurdering av tidligere litteratur velger vi derfor å benytte rammeverket for avstandstilnærming presentert av Gatev *et al.* (2006) i vår videre analyse. Dette valget begrunnes i rammeverkets egenskaper ved analyse av historiske data.

3. Metode

3.1 Datakilde og utvalg

Datagrunnlaget for denne oppgaven er sammenstilt ved hjelp av Johannes Krokeid Kolberg fra NHH Børsprosjektet, som får levert daglige markedsdata direkte fra Oslo Børs. Datasettet inkluderer daglig markedsdata for alle aksjer som har vært oppført på Oslo Børs i perioden 1985-2015. Vi har justert prisdata for utbytte, aksjesplitt og –sammenslåing, og emisjoner.

Vi forutsetter at alle aksjer på Oslo Børs er likvide, og at det til enhver tid ville vært mulig å gjennomføre de nødvendige handlene for å åpne og lukke et par. Dersom en aksje ikke handles en dag, brukes siste tilgjengelige pris for aksjen.²⁰

3.2 Utvelgelse av par

Første steg i strategien går ut på å finne egnede par for pairs trading. Dette kalles *utvelgelsesperioden*, og er etter rammeverket (Gatev *et al.*, 2006) på tolv måneder. Da dannes alle mulige par av aksjer innenfor perioden. Videre inkluderes de parene som er best egnet for pairs trading i en portefølje. Vi velger ut disse parene basert på historisk korrelasjon innenfor utvelgelsesperioden, og de 20 parene med høyest korrelasjon tas med i porteføljen. Denne prosessen repeteres hver måned i årene 1985-2015.²¹ Perlin (2009) viser at bruk av minimert kvadrert avstand, som er anvendt av Gatev *et al.* (2006), og maks korrelasjon gir tilnærmet samme resultat ved parring.

Vi har ikke gjort begrensninger i dannelse av par med hensyn på industri. Do og Faff (2010) viser at ved slik begrensning for parring, oppnås høyere avkastning enn ved ubegrenset parring. Vårt valg av ubegrenset dannelse av par kommer hovedsakelig av at Oslo Børs er relativt mindre diversifisert enn markeder anvendt i andre analyser av pairs trading. Det er derfor en risiko for å få porteføljer med svært få aksjer, og et mindre representativt utvalg.

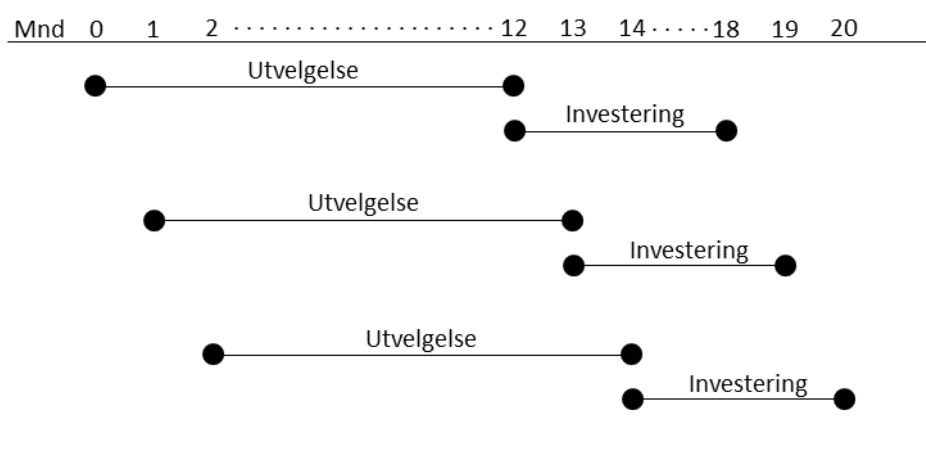
²⁰ Annen akademisk litteratur, deriblant Gatev *et al.* (2006), har eliminert slike aksjer helt fra datasettet i den aktuelle utvelgelsesperioden.

²¹ Det velges ut en ny portefølje hver måned over 30 årsperioden, med unntak av de siste seks månedene som går utelukkende til investering. 29 år med tolv måneder og seks måneder det siste året betyr at det totalt vil være 354 porteføljer i perioden.

Hoel (2013) konkluderer i sin analyse på Oslo Børs med at begrenset parring har minimal betydning på avkastningen, hvilket underbygger det å utelate slike begrensninger.²²

3.3 Investering

Etter at porteføljen med par er dannet, er neste steg å investere i denne porteføljen i påfølgende periode. Denne perioden kalles *investeringsperioden*, og er etter anvendt rammeverk på seks måneder. Dette innebærer at det på det meste er seks aktive porteføljer samtidig, ettersom prosessen repeteres hver måned.



Figur 3.1

Oversikt over utvelgelses- og investeringsperiodene for overlappende porteføljer

Utvalgelse av par til portefølje skjer over en tolv månedersperiode, og det investeres i denne porteføljen i påfølgende seks månedersperiode.

Investeringen gjøres i praksis ved at prisene til de to aksjene i hvert par indeksres ved starten av investeringsperioden:

$$\tilde{P}_t = \frac{P_t}{P_0} \quad (3.1)$$

Videre observeres utviklingen i differansen mellom de indekserte prisene i perioden:

$$D^{AB} = (\tilde{P}_t^A - \tilde{P}_t^B) \quad (3.2)$$

²² Hoel (2013) finner en gjennomsnittlig månedsavkastning på -0.54% og -0.55% ved bruk av henholdsvis ubegrenset og begrenset parring.

Dersom absoluttverdien av denne differansen overstiger et signal, inntar investoren en lang og en kort posisjon i paret.

$$|\tilde{P}_t^A - \tilde{P}_t^B| \geq |q| \quad (3.3)$$

På bakgrunn av fenomenet mean reversion, tar investoren en lang posisjon i aksjen som har hatt en relativ kursnedgang, og en kort posisjon i aksjen som har hatt en relativ økning. Nivået på signalet for åpning av posisjoner har stor påvirkning på resultatene av strategien, og varierer mellom ulike rammeverk. I avstandsrammeverket som benyttes i denne oppgaven, bestemmes signalet basert på det historiske standardavviket til den indekserte prisdifferansen mellom aksjene over utvelgelsesperioden. Et mye brukt signal er to historiske standardavvik, og vi vil også benytte dette videre i analysen.

$$|\tilde{P}_t^A - \tilde{P}_t^B| \geq |2\hat{\sigma}| \quad (3.4)$$

Hvis den indekserte prisdifferansen overstiger dette signalet anses da prisforholdet mellom de to aksjene å være utenfor det normale variasjonsmønsteret. Posisjonene holdes åpne frem til den indekserte prisdifferansen utlignes. Da handler investor seg ut av posisjonene og paret lukkes. Åpning og lukking av et par kan forekomme flere ganger i løpet av en investeringsperiode hvis den indekserte prisdifferansen på to historiske standardavvik oppstår og utlignes flere ganger i løpet av perioden. Dersom et par åpnes, for så å ikke lukkes igjen i løpet av investeringsperioden, vil paret automatisk lukkes siste handelsdag i perioden. Det samme gjelder dersom et par er åpent, og den ene aksjen i paret tas av børs i investeringsperioden. Paret vil da automatisk lukkes siste handelsdag for aksjen som tas av børs.

3.4 Porteføljeavkastning

Pairs trading er en selvfinansierende strategi ved at den ikke krever en initial investering, siden den lange posisjonen blir betalt med pengene fra den korte posisjonen. Utrekning av meravkastning ved strategien er derfor ikke trivielt.

Åpne par består hver for seg av en kort og en lang posisjon på 1 NOK respektivt, som vil generere hver sin kontantstrøm innenfor investeringsperioden på seks måneder. Par som ikke konvergerer vil bli lukket ved slutten av denne perioden. Kontantstrømmen til et enkelt par er

gitt av summen av kontantstrømmen til den lange og korte posisjonen. Porteføljens samlede kontantstrøm er følgelig summen av alle de positive og negative kontantstrømmene til parene i porteføljen. For åpne par vil daglig kontantstrøm regnes som daglig urealisert kontantstrøm på den lange og korte posisjonen, basert på markedspriser. For å beregne avkastningen til porteføljen, regner vi kontantstrømmen i forhold til *investert kapital*. Da hentes kapital kun inn til de parene der lange og korte posisjoner åpnes.²³ Investert kapital forutsetter derfor fri tilgang på kapital, og vi anser muligheten til å hente kapital umiddelbart når et par åpnes som en rimelig forutsetning. Konkret betyr det at avkastning regnes som kontantstrøm fra en portefølje i forhold til antall par åpnet i porteføljen. Denne metoden benyttes også av Gatev *et al.* (2006).

Ettersom åpning av et par er selvfinansierende, kan det være behov for å ta opp gjeld for å dekke tap dersom en portefølje går i minus. I et tradisjonelt investeringsfond vil tapet være begrenset til innskutt kapital, men ettersom det her er mulighet for å ta opp gjeld er det ingen tapsbegrensning.²⁴

Pairs trading er en strategi som innebærer høy transaksjonsaktivitet i form av åpning og lukking av par. Det er derfor rimelig å anta at implementering av pairs trading vil medføre relativt høye transaksjonskostnader. Vi har i denne analysen ikke tatt hensyn til slike kostnader. Dette innebærer at avkastning fra denne analysen i realiteten ville vært lavere.

3.5 Benchmark

For å bedre kunne vurdere prestasjonen til pairs trading og betydningen av de ulike aspektene ved rammeverket, har vi inkludert tre benchmarkstrategier. Disse tre strategiene følger samme rammeverk som beskrevet over, men med tilpasninger i utvelgelse av par og valg av signal. Ved den første benchmarkstrategien er signalet for når posisjoner åpnes et tilfeldig tall mellom 0.10 og 4.00 ganget med historisk standardavvik. Dette tilfeldige tallet velges på nytt for hver investeringsperiode, mens alt annet er likt. I den andre benchmark-strategien, blir de 20 parene i porteføljen valgt ut tilfeldig, og ikke basert på høyest korrelasjon. Alt annet er likt. Til slutt benyttes både tilfeldig signal og tilfeldig utvelgelse av par for den tredje benchmarkstrategien.

²³ Alternativt kan vi regne i forhold til *forpliktet kapital*, som forutsetter at det settes av kapital til alle 20 par ved oppstart av en portefølje. Dette gir følgelig en lavere avkastning enn investert kapital, da kontantstrøm regnes relativt til flere antall par.

²⁴ Det er ikke tatt hensyn til gjeldskostnader ved beregning av avkastning. I realiteten er det også naturlig å se for seg tiltakende gjeldskostnader med økende gjeld.

Disse tre benchmarkene gir et bredere sammenlignings- og vurderingsgrunnlag for pairs tradingens prestasjon, da det gir oss muligheten til å se på betydningen av strategisk valg av signal og parring. I tillegg bidrar de også til vurderingen av markedseffektiviteten på Oslo Børs. Med utgangspunkt i teori om at det ikke er mulig slå markedet basert på historisk analyse, er det ikke forventet at strategisk signal og parring skal gjøre det statistisk signifikant bedre enn om dette styres tilfeldig.

3.6 Talleksempel

For å ytterligere tydeliggjøre hvordan pairs trading fungerer, vil vi nå gjennomgå et talleksempel.

Vi kan se for oss et par bestående av to fiktive aksjer, aksje A og B, som skal inngå i en investors portefølje for pairs trading. Første steg er utvelgelsesperioden, hvor investor observerer differansen i de indekserte prisene til aksjene, og beregner historisk standardavvik til denne differansen i perioden. For aksje A og B eksisterer følgende priser:

Tabell 3.1

Utvelgelse						
Dag	A	B	Indeksert A	Indeksert B	Differanse	Historisk std. avvik
1	10.00	5.00	1.00	1.00	0.00	0.11
2	11.00	6.00	1.10	1.20	-0.10	
3	10.00	6.00	1.00	1.20	-0.20	
4	9.00	5.00	0.90	1.00	-0.10	
5	9.00	6.00	0.90	1.20	-0.30	
6	10.00	6.00	1.00	1.20	-0.20	
7	11.00	7.00	1.10	1.40	-0.30	
8	12.00	6.00	1.20	1.20	0.00	
9	12.00	7.00	1.20	1.40	-0.20	
10	12.00	7.00	1.20	1.40	-0.20	

Tabellen viser prisene på to fiktive aksjer A og B over utvelgelsesperioden. De indekserte prisene og differansen mellom disse er også presentert. Historisk std. avvik tilsvare standardavviket til differansen for hele perioden.

Neste steg er å observere aksjeprisene i investeringsperioden. Investoren inntar en posisjon i paret hvis absoluttverdien av differansen mellom de indekserte prisene overstiger absoluttverdien av to ganger historisk standard avvik, som i dette tilfellet er 0,21.²⁵ Videre

²⁵ To ganger historisk standardavvik avrundet.

handler investoren ut av posisjonen dersom differansen utlignes, skifter fortegn eller perioden er ferdig. For paret AB eksisterer følgende priser i investeringsperioden:

Tabell 3.2

Investering						
Dag	A	B	Indeksert A	Indeksert B	Differanse	Signal
1	12.00	7.00	1.00	1.00	0.00	0.21
2	13.00	6.00	1.08	0.86	0.23	
3	13.00	7.00	1.08	1.00	0.08	
4	12.00	7.00	1.00	1.00	0.00	
5	12.00	6.00	1.00	0.86	0.14	

Tabellen viser prisene på de to fiktive aksjene A og B over investeringsperioden. De indekserte prisene og differansen mellom disse er også presentert. Signal tilsvarer to ganger det historiske standardavviket på 0.11 fra utvelgelsesperioden.

Tabell 3.2 viser at fra Dag 1 til 2 har prisen på aksje A steget, samtidig som prisen på aksje B har sunket, og at prisdifferansen overstiger signalverdien. Da inntar investoren en kort posisjon på 1 NOK i den aksjen som har hatt en kursoppgang, A, og en lang posisjon på 1 NOK i den aksjen som har hatt en kursnedgang, B. Disse posisjonene holdes frem til og med Dag 4, hvor differansen har returnert til null.

Tabell 3.3

Dag	Posisjon	Posisjon A	Posisjon B	Kontantstrøm A	Kontantstrøm B	Kontantstrøm par
1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1	-1.00	1.00	1.00	-1.00	0.00
3	1	-1.00	1.17	0.00	0.00	0.00
4	1	-0.92	1.17	-0.92	1.17	0.24
5	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabellen viser verdien av posisjonene i de to fiktive aksjene A og B sammen med kontantstrømmene gjennom investeringsperioden. En kontantstrøm oppstår når det skjer en handel, enten når investor inntar en posisjon eller handler seg ut av en posisjon.

Posisjonene i A og B og deres kontantstrøm for perioden er vist i Tabell 3.3 over. Når paret åpnes, selger investoren aksje A til en verdi av 1 NOK, og denne kronen brukes til å kjøpe 1 NOK i aksje B. Ved åpning er altså parets kontantstrøm lik null. Når paret lukkes etter Dag 4, har verdien av den lange posisjonen i B steget til 1.17 NOK, mens verdien av den korte posisjonen i A er nå 0.92 NOK. Investoren selger aksje B, og bruker pengene til å kjøpe tilbake aksje A, og står igjen etter dette med 0.24 NOK.²⁶ Det gir følgende avkastning for par AB i perioden:

²⁶ Kontantstrømmene er avrundet til to desimaler.

Tabell 3.4

Dag	Posisjon	Avk. lang posisjon	Avk. kort posisjon	Kum. avkastning lang	Kum. avkastning kort	Kum. avkastning par
1	0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2	1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
3	1	16.67%	0.00%	16.67%	0.00%	16.67%
4	1	0.00%	7.69%	16.67%	7.69%	24.36%
5	0	0.00%	0.00%	16.67%	7.69%	24.36%
				Total avk. lang	Total avk. kort	Total avk. par
				16.67%	7.69%	24.36%

Tabellen viser avkastningene fra den lange og korte posisjonen i de to fiktive aksjene A og B, og den sammenlagte avkastningen fra paret, gjennom investeringsperioden. Kum. avkastning betyr den kumulative avkastningen ved dag t.

Hvor avkastning lang posisjon regnes som

$$r_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}, \quad (3.5)$$

avkastning kort posisjon regnes som

$$r_t = \frac{P_{t-1} - P_t}{P_{t-1}}, \quad (3.6)$$

kumulativ avkastning for lang og kort posisjon regnes som

$$r_t^{kumulativ} = (1 + r_1)(1 + r_2) \dots (1 + r_t), \quad (3.7)$$

og kumulativ avkastning par regnes som

$$r_t^{kumulativ\ par} = r_t^{kumulativ\ lang} + r_t^{kumulativ\ kort}. \quad (3.8)$$

Tabell 3.4 viser at i dette eksempelet har paret hatt en avkastning på 16.67% og 7.69% i henholdsvis lang og kort posisjon. Ettersom det har blitt kjøpt og solgt for 1 NOK respektivt, betyr det at kontantstrøm fra den lange posisjonen er 0.1667 NOK, mens kontantstrøm fra den korte posisjonen er 0.0769 NOK, og totalt 0.2436 NOK fra paret. Dette stemmer overens med kontantstrømmen i Tabell 3.3.

Videre eksisterer det to par til i investorens portefølje, par CD og par EF, som har fulgt samme utvelgelses- og investeringsperiode som par AB. Med tilsvarende skalering av investering på 1 NOK i hver posisjon, har parene gitt følgende avkastning:

Tabell 3.5

Resultat	Avkastning
Par AB	24.36 %
Par CD	33.52 %
Par EF	0.00 %

Tabellen viser de totale avkastningene fra de tre parene AB, CD og EF etter investeringsperioden. Alle par har fulgt samme rammeverk over samme utvelgelses- og investeringsperiode.

Tabell 3.5 viser at strategien har generert 24.36% på par AB, 33.52% på par CD og 0.00% på par EF. For å regne ut avkastningen til porteføljen benyttes følgende formel:

$$r_t^P = \frac{\sum \text{Kontantstrøm}_t}{\text{Investert kapital}_t} \quad (3.9)$$

Investert kapital utgjør kapital per par som har åpnet i perioden. Etersom hver posisjon åpnet er på 1 NOK, vil investert kapital være lik 1 NOK multiplisert med antall par åpnet. Det gir da følgende kontantstrømmer og porteføljeavkastning:

Tabell 3.6

Resultat	Kontantstrøm	Åpnet par
Par AB	kr 0.24	Ja
Par CD	kr 0.34	Ja
Par EF	kr -	Nei
Totalt	kr 0.58	2

Tabellen viser den totale kontantstrømmen fra de tre parene AB, CD og EF etter investeringsperioden, og hvorvidt paret åpnet eller ikke i perioden.

$$r_t^P = \frac{0,58 \text{ NOK}}{2 \text{ NOK}} = 28.94\% \quad (3.10)$$

Strategien gir altså investoren en porteføljeavkastning på 28.94% i perioden i dette eksempelet. For å videre finne den kumulative porteføljeavkastningen over flere perioder brukes formelen:

$$r_t^{\text{kumulativ } P} = (1 + r_1^P)(1 + r_2^P) \dots (1 + r_t^P). \quad (3.11)$$

3.7 Praktisk gjennomførelse av metode

Test av pairs trading på Oslo Børs har blitt gjort ved at vi har simulert strategien på historisk prisdata for alle aksjer som har vært oppført på Oslo Børs i perioden 1985-2015. Det ubehandlede datasettet fra NHH Børsprosjektet består av 43 variabler og 2.07 millioner observasjoner. Etter at vi har fjernet overflødige variabler og filtrert bort observasjoner som ikke skal inkluderes i analysen, består det *behandlede datasettet* av tre variabler og 1.45 millioner observasjoner.²⁷ De gjestående variablene er da dato, selskapsidentifikasjon og justert prisdata. Disse dataene gjennomgår to *simuleringssløyfer*, en for dannelse av par i utvelgelsesperiodene og en for gjennomføring av transaksjoner i investeringsperiodene. For å gjennomføre simuleringen har vi benyttet oss av statistikk- og analyseprogrammet Stata.²⁸

Første sløyfe velger ut dataen for første tolv månedersperiode, og setter sammen alle mulige parkombinasjoner. Deretter beregnes korrelasjonen mellom aksjene i parene gjennom perioden, og rangeres fra høyest til lavest. De 20 parene med høyest korrelasjon velges ut og lagres til et eget datasett. Når dette er gjort, tilbakestillers sløyfen seg til det behandlede datasettet og gjennomfører prosedyren på nytt for en ny tolv månedersperiode med start i påfølgende måned. Denne simuleringssløyfen fortsetter til de beste 20 parene for alle utvelgelsesperiodene fra 1985 til 2015 er identifisert og lagret til et eget datasett.

Sløyfe nummer to simulerer investeringsperiodene på seks måneder ved bruk av de utvalgte parene fra den første simuleringssløyfen. Den tar også utgangspunkt i data fra det behandlede datasettet, og velger ut dataene for de første seks månedene etter tolv månedersperioden for utvelgelse av par. Prisdataen for de utvalgte parene blir så indeksert, og posisjoner i parene over perioden blir åpnet og lukket etter rammeverkets regler. Daglig realisert og urealisert kontantstrøm for de enkelte posisjonene og parene gjennom perioden blir beregnet og lagret til et eget datasett, før sløyfen returnerer til det behandlede datasettet og gjentar prosedyren for neste seks måneders periode med start en måned etter forrige periodes start.

Resultatet fra sløyfe nummer to blir et datasett med daglig kontantstrøm for alle par inkludert i en portefølje fra 1985 til 2015. Ved å akkumulere dette opp til månedlig kontantstrøm, kan vi beregne strategiens avkastning relativt til investert kapital, altså antall åpne par i måneden.

²⁷ Det behandlede datasettet vil videre brukes til å referere til datasettet over de daglige, historiske aksjekursene som ikke er et resultat av de to simuleringssløyfene.

²⁸ Anvendt versjon er Stata/SE 14.1, tilgjengelig gjennom lisens eid av NHH.

4. Analyse

I analysen vil vi først presentere resultatene fra gjennomføring av pairs trading ved bruk av strategisk rammeverk. Videre vil disse resultatene bli sammenlignet med de tre benchmarkstrategiene som er gjennomgått i metodekapittelet.

4.1 Strategisk rammeverk

Tabell 4.1

		<u>Strategisk parring/signal</u>
Total avkastning %		-74.54
Månedlig avkastning	<i>Snitt %</i>	-0.29
	<i>Std.avvik %</i>	4.08
	<i>Skjevhet</i>	-0.59
	<i>Kurtose</i>	6.51
	<i>Min %</i>	-25.05
	<i>Maks %</i>	13.22
Standard feil (Newey-West)		0.23
t-verdi		-1.28
P > t		0.20
Antall par åpnet % snitt		56.12
Antall handler per par snitt		2.84
Antall fullstendige handler % snitt		57.83

Tabellen viser resultatene fra gjennomføring av pairs trading på Oslo Børs i perioden 1985-2015.²⁹ Par er dannet over en tolv månedersperiode ved hjelp av avstandstilnærmingen, og over påfølgende seks månedersperiode åpnes posisjoner i par ved divergens i den indekserte prisdifferansen på over to historiske standardavvik.

Resultatene fra analysen er gjengitt i Tabell 4.1 over. Gjennom perioden fører pairs trading til en total avkastning på -74.54%, og en gjennomsnittlig månedlig avkastning på -0.29%.³⁰ Analysen viser altså at pairs trading gir negativ avkastning på Oslo Børs i perioden 1985-2015. Avkastningen på -0.29% har en t-verdi på -1.28 og tilhørende p-verdi på 0.20 ved test av snitt ulik null.³¹ Resultatet er følgelig ikke signifikant, og nullhypotesen om at avkastningen er lik null beholdes.³² Dette støtter opp under teorien om effektive markeder på svak form, som sier

²⁹ For utfyllende forklaring av deskriptiv statistikk, se A6.

³⁰ For figur av månedsavkastningen til det strategiske rammeverket, se A7.

³¹ For å beregne t-verdien for å teste om den gjennomsnittlige månedsavkastningen er signifikant ulik null, har vi benyttet oss av Newey-West standard feil med seks perioders lag. Newey-West standard feil gir konsistente estimater, selv om autokorrelasjon og heteroskedastisitet er tilstedeværende.

³² Konfidensnivå på 95% brukes i testen.

at priser reflekterer all historisk informasjon, og at det derfor ikke kan forventes å være mulig å oppnå meravkastning ved pairs trading. Settes den totale avkastningen i sammenheng med Hoels (2013) resultater, som gir en negativ avkastning på -48.4% i perioden 2003-2012, kan det tyde på at pairs trading har vært ulønnsomt over lenger tid på Oslo Børs. Den kumulative avkastningen over perioden viser derimot at dette ikke er tilfellet.



Figur 4.1

Kumulativ avkastning 1985-2015

SR= Strategisk rammeverk med strategisk parring og strategisk signal.

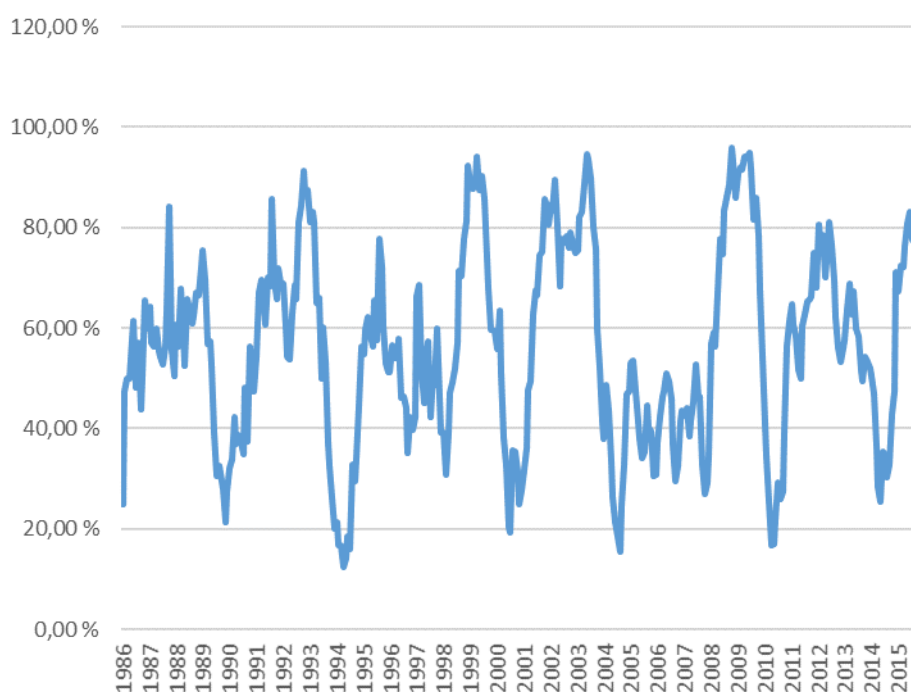
Januar 1985-december 2015.

Figur 4.1 viser den kumulative avkastningen til strategien fra 1985-2015. Grafen viser at den kumulative avkastningen øker fra 1986 og frem til april 1999, med noen unntak.³³ I denne perioden har pairs trading hatt en gjennomsnittlig månedsavkastning på 0.78%. Fra mai 1999 følger den kumulative avkastningen en negativ trend, og den gjennomsnittlige månedsavkastningen i perioden 1999-2015 er -1.14%. Dette stemmer godt overens med internasjonale funn, som finner en avtakende lønnsomhet ved pairs trading og avkastning tilnærmet lik null etter årtusenskiftet (Do & Faff, 2010). Dette er også i tråd med Hoels (2013) resultater, som gir negativ månedlig snittavkastning på Oslo Børs i perioden 2003-2012. Selv om den gjennomsnittlige månedsavkastningen kan tolkes som en bekreftelse på svak markedseffektivitet, illustrerer avkastningsprofilen allikevel et interessant bilde av strategiens

³³ 1986 er start for investeringsperiode, ettersom 1985 går utelukkende til dannelse av par.

utvikling. Positiv avkastning ved pairs trading i perioden 1985-1999 tyder på at det har vært høy grad av reversering av aksjepriser, som er grunnlaget for lønnsom pairs trading. Tilsvarende tyder negativ avkastning i perioden 1999-2015 på at det motsatte er tilfellet, at aksjer som allerede har divergert, har divergert ytterligere etter at paret har åpnet. Dette indikerer at momentum har dominert reversering i høyere grad fra mai 1999, og at en medstrøms investeringsstrategi ville generert meravkastning i perioden. Momentum vil også være et brudd på Famas (1970) teori om effektive markeder, ettersom det tillater meravkastning ved historisk analyse.

Tabell 4.1 viser at av alle par som inkluderes i porteføljene, åpnes det i snitt posisjoner i 56.12% av dem. Dette er vesentlig mindre enn 81.36% i analysen til Hoel (2013).³⁴



Figur 4.2

Oversikt over andel åpnete par i porteføljene.

Januar 1985-desember 2015.

Figur 4.2 illustrerer en stor variasjon i andel åpnete par over den analyserte perioden. På det minste inntas kun posisjoner i 12,28% av parene i porteføljene, og på det meste åpnes 93,64% av parene. Det ser heller ikke ut til å være en observerbar trend i hvordan andelen par åpnet utvikler seg over tid.

³⁴ Hoel (2013) følger kointegrasjonstilnærming til rammeverket, med andre regler og signal for investering enn avstandstilnærmingen benyttet i denne oppgaven.

Gjennomsnittlig handel per par er 2.84, sammenlignet med 1.48 i Hoel (2013) sine resultater. En handel defineres som det å åpne eller lukke et par. Det betyr at et par som har åpnet og lukket posisjoner innenfor samme investeringsperiode har gjennomgått to handler. Dersom et åpent par lukkes som følge av slutt på investeringsperioden, regnes derimot ikke dette som en handel. Vår analyse avdekker en snitthandel i underkant av tre per par. Samtidig viser Tabell 4.1 at kun 56.12% av parene i snitt åpner i perioden. Det betyr at avkastningen drives av et høyt antall handler i de parene som blir åpent. Det er videre interessant å se på hvor mange av parene som gjennomgår fullstendige handler, altså at paret både åpnes og lukkes innenfor investeringsperioden. Tabell 4.1 viser at gjennom perioden er det i snitt 57.83% av handlende som er fullstendige handler. Det at en andel på 42.17% av posisjonene i snitt ikke konvergerer, bidrar til å forklare hvorfor pairs trading i snitt er ulønnsomt i perioden. Dersom paret lukkes som følge av slutt på investeringsperioden, vil posisjonen ha en negativ avkastning hvis differansen har divergert ytterligere siden åpningen av paret. Do og Faff (2010) peker på nettopp denne trenden som en av årsakene til avtakende profitt ved pairs trading.

Dersom investeringsperioden hadde vært lenger enn seks måneder, kunne det gjort at flere par rakk å konvergere i løpet av perioden. På den annen side, hvis et par ikke konvergerer kan det tyde på at paret ikke lenger er egnet for pairs trading, grunnet fundamentale endringer i prisforholdet mellom selskapene. Et tegn på dette er hvis par er åpne i mer enn ti dager (Roquette, 2011). I denne analysen er et par som åpnes i snitt åpent i 37.42 dager, altså virker det som at parene som velges ut opplever fundamentale endringer, og dermed ikke lenger er egnet for pairs trading over hele perioden.

4.2 Benchmarkstrategier

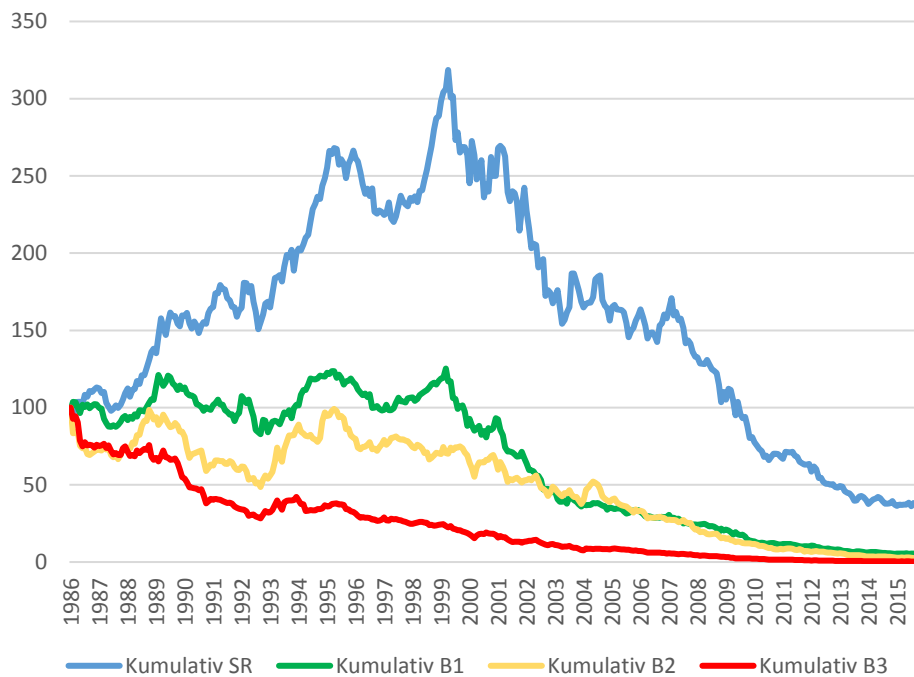
Tabell 4.2

	Strategisk parring/ parring/ signal	Strategisk tilfeldig parring/ signal	Tilfeldig parring/ Strategisk signal	Tilfeldig parring/ signal
Total avkastning %	-74.54	-96.39	-97.92	-99.73
Månedlig avkastning				
<i>Snitt %</i>	-0.29	-0.84	-0.96	-1.55
<i>Std.avvik %</i>	4.08	3.91	4.59	4.13
<i>Skjevhet</i>	-0.59	-0.59	0.24	0.14
<i>Kurtose</i>	6.51	7.63	4.08	4.28
<i>Min %</i>	-25.05	-25.05	-16.55	-13.39
<i>Maks %</i>	13.22	12.73	17.62	14.73
Standard feil (Newey- West)	0.23	0.22	0.28	0.24
t-verdi	-1.28	-3.81	-3.49	-6.48
P > t	0.20	0.00	0.00	0.00
Antall par åpnet % snitt	56.12	57.79	38.21	45.86
Antall handler per par snitt	2.84	3.10	1.47	1.97
Antall fullstendige handler % snitt	57.83	60.48	31.11	45.01

Tabellen viser resultat og statistikk ved bruk av det strategiske rammeverket til pairs trading i den første kolonnen fra venstre, og tre benchmarkstrategier der utvelgelse av par og/eller signal for investering bestemmes tilfeldig. I den andre kolonnen vises resultater hvor signal styres tilfeldig, mens utvelgelse av par styres tilfeldig i den tredje kolonnen, alt annet likt. I den fjerde kolonnen styres både signal og utvelgelse av par tilfeldig.

Resultatene fra det strategiske rammeverket sammenligner vi med tre benchmarkstrategier.³⁵ Disse har blitt gjennomført etter samme rammeverk som det strategiske, men med henholdsvis tilfeldig signal for investering, tilfeldig utvelgelse av par, og både tilfeldig signal og utvelgelse. Resultatene fra benchmarkstrategiene er vist i Tabell 4.2. Samtlige benchmarkstrategier oppnår en lavere avkastning enn det strategiske rammeverket. Selv om pairs trading i snitt oppnår negativ månedsavkastning, tyder resultatene altså på at det vil være hensiktsmessig å benytte seg av et strategisk rammeverk for parring og investering, fremfor en tilfeldig strategi. Benchmarkavkastningene skiller seg fra avkastningen fra det strategiske rammeverket ved at de er statistisk signifikant ulike null.

³⁵ For figur av månedsavkastningen til benchmarkstrategiene, se A7.



Figur 4.3

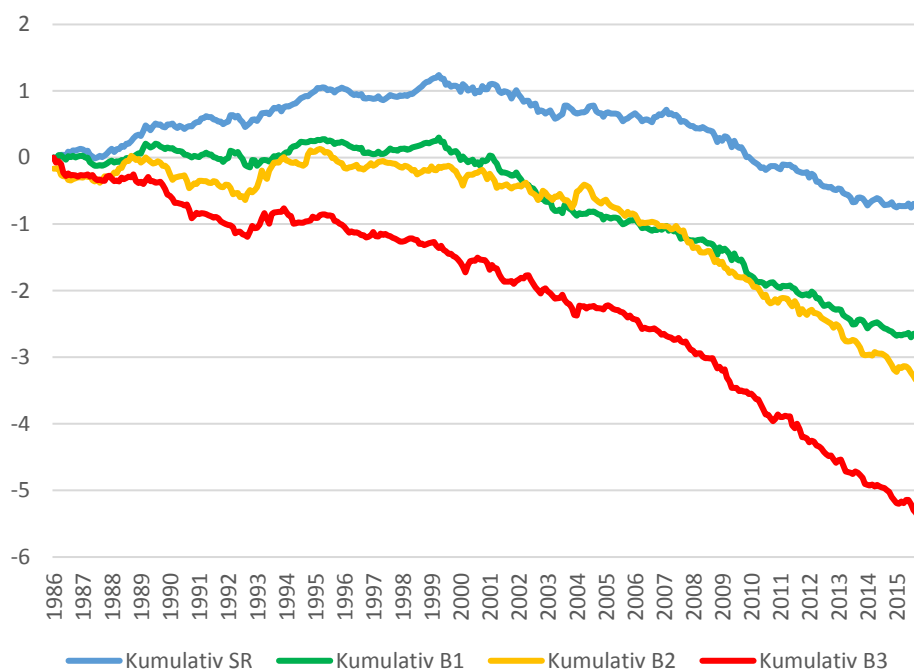
Kumulativ avkastning strategisk rammeverk og benchmarkstrategier

SR=Strategisk rammeverk med strategisk parring og strategisk signal, B1=Benchmark med strategisk parring og tilfeldig signal,

B2=Benchmark med tilfeldig parring og strategisk signal, og B3=Benchmark med tilfeldig parring og tilfeldig signal.

Januar 1985-december 2015.

Figur 4.3 viser den kumulative avkastningen til det strategiske rammeverket og de tre benchmarkstrategiene. Figuren viser at det strategiske rammeverket presterer bedre enn benchmarkstrategiene gjennom hele perioden. Et interessant poeng er at strategiene hvor kun et av stegene i strategien styres tilfeldig, parring eller signal, presterer bedre enn strategien hvor begge stegene styres tilfeldig. Sistnevnte strategi oppnår en gjennomsnittlig månedsavkastning på -1.55%.



Figur 4.4

Kumulativ kontantstrøm i NOK strategisk rammeverk og benchmarkstrategier

SR=Strategisk rammeverk med strategisk parring og strategisk signal, B1=Benchmark med strategisk parring og tilfeldig signal,

B2=Benchmark med tilfeldig parring og strategisk signal, og B3=Benchmark med tilfeldig parring og tilfeldig signal.

Januar 1985-december 2015.

Figur 4.4 viser den kumulative kontantstrømmen i NOK gjennom perioden, med investering på 1 NOK i hver åpne posisjon. Etersom strategien er selvfinansierende starter kontantstrømmen i null. Figuren illustrerer den samme trenden som Figur 4.3, at alle strategiene gir tap totalt sett, men at det strategiske rammeverket gir mest gunstig kontantstrøm for investor. Grafene for de kumulative avkastningene for benchmarkstrategiene i Figur 4.3 flater ut når de nærmer seg null, ettersom kumulativ avkastning per definisjon ikke kan bli lavere enn null.³⁶ Figur 4.4 illustrer derimot at det i realiteten ikke er tapsbegrensning ved pairs trading.

Med utgangspunkt i svak markedseffektivitet, er det naturlig å tenke seg at en strategi som investerer i tilfeldige utvalgte par, med et tilfeldig signal, vil ha en snittavkastning tilnærmet lik null, og en kumulativ avkastning som svinger rundt 100.³⁷ Tabell 4.2 viser derimot at den negative avkastningen fra den tilfeldige strategien er signifikant negativ. Dette kan forklares ved at selv om utvelgelse og signal er tilfeldig, er rammeverket fortsatt negativt påvirket av

³⁶ Kumulativ avkastning regnes ved følgende formel: $r_t^{kumulativ} = (1 + r_1)(1 + r_2) \dots (1 + r_t)$. Da hver faktor i formelen vil ha en verdi større enn null, kan ikke produktet bli lavere enn null.

³⁷ 100 er utgangspunktet for kumulativ avkastning i 1986 i Figur 4.3.

momentum. Et annet funn i analysen er at strategisk parring gjør det bedre enn tilfeldig parring, uavhengig av signal. Dette stemmer godt overens med det Gatev *et al.* (2006) finner i sine forskningsartikler. De viser at gjennomsnittlig månedsavkastning går fra 1,44% til -0,14%, når strategien utføres med tilfeldig utvalgte par. Med hensyn på å oppnå best mulig avkastning, tyder altså resultatene på at det å danne egnede par er viktigere enn valg av signal for å innta posisjoner i parene.

For å teste om forskjellen i avkastning mellom det strategiske rammeverket og de tre benchmarkstrategiene er signifikante, benyttes en t-test for test av differanse i gjennomsnittsavkastningene.

Tabell 4.3

	SR	B1	B2	B3
Gjennomsnittlig månedsavkastning %	-0.29	-0.84	-0.96	-1.55
Differanse gjennomsnittlig månedsavkastning	0.00	0.55	0.67	1.25
Standard feil (Newey-West) til differansen	0.00	0.10	0.25	0.24
Test av forskjell fra strategisk paring/handel				
t-statistikk	-	5.61	2.66	5.24
P > t	-	0.00	0.01	0.00

Tabellen viser resultatet av test av differanse i gjennomsnittsavkastning. Dette er gjort ved at vi har beregnet den månedlige differansen i avkastning mellom det strategiske rammeverket og benchmark, og testet for om denne differansen er signifikant ulik null. Newey-West standardfeil med seks perioders lag er benyttet i t-testen. SR=Strategisk rammeverk med strategisk parring og strategisk signal, B1=Benchmark med strategisk parring og tilfeldig signal, B2=Benchmark med tilfeldig parring og strategisk signal, og B3=Benchmark med tilfeldig parring og tilfeldig signal.

Teststatistikken i Tabell 4.3 viser at forskjellen i avkastning er statistisk signifikant dårligere for alle tre benchmark-strategiene.³⁸ Dette bygger ytterligere opp under bedre resultater ved strategisk rammeverk enn ved benchmarkstrategiene. Et strategisk rammeverk skal ikke prestere bedre enn et helt tilfeldig rammeverk etter teorien om effektive markeder, og resultatene setter derfor spørsmålsteget ved denne teorien.

³⁸ Benytter 95% konfidensnivå.

5. Konklusjon og videre analyse

I innledningen til denne oppgaven slo vi fast at det på bakgrunn av teorien om effektive markeder på svak form ikke skal være mulig å oppnå statistisk signifikant, positiv avkastning basert på historisk analyse. Ved test av pairs trading basert på historiske priser på Oslo Børs i perioden 1985-2015, har vi vist at strategien ikke oppnår statistisk signifikant meravkastning i perioden. Vi kan dermed ikke avkrefte svak markedseffektivitet Oslo Børs, som betyr at aksjeprisene fullstendig reflekterer all historisk informasjon.

Resultatene fra testing av pairs trading i perioden 1985-2015 gir en svak negativ, ikke-statistisk signifikant månedsavkastning. Snittavkastningen snur fra å være positiv til negativ i 1999. Dette harmonerer med funnene til Do og Faff (2010), som finner en avtakende lønnsomhet ved pairs trading og avkastning tilnærmet lik null etter årtusenskiftet. Disse resultatene er også i tråd med resultatene til Hoel (2013), som finner en svak, negativ månedsavkastning ved bruk av pairs trading på Oslo Børs i perioden 2003-2012. Den negative trenden i den kumulative avkastningen fra 1999 tyder på at en tiltakende andel av par som divergerer og åpnes, divergerer ytterligere innenfor investeringsperioden. Dette kan tyde på endrede forhold på Oslo Børs, og at momentum har dominert mean reversion fra 1999. Momentum driver prisen videre vekk fra sin fundamentale verdi, og representerer i likhet med mean reversion et brudd på Fama (1970) sin teori om effektive markeder. Dette fenomenet har ikke vært i fokus i denne oppgaven, og en grundigere analyse av momentum vil kunne bidra til ytterligere innsikt rundt markedseffektiviteten på Oslo Børs.

Resultatene viser at et strategisk rammeverk presterer signifikant bedre enn et tilfeldig rammeverk, hvor strategisk parring virker å være viktigere en strategisk signal for prestasjonen. Dette strider med hva som forventes med utgangspunkt i svak markedseffektivitet, ettersom det da ikke skal være mulig å gjøre det bedre med et strategisk rammeverk, enn med et tilfeldig rammeverk.

For å bli enda sikrere på konklusjonen, at det ikke er mulig å oppnå meravkastning ved historisk analyse på Oslo Børs, hadde det vært interessant å teste tilsvarende rammeverk for pairs trading basert på intradagskurser. Det er mulig at pairs trading kan være lønnsomt dersom avvik som oppstår og forsvinner i løpet av samme handelsdag fullt ut blir utnyttet. Dersom dette er tilfellet, kan det sees i sammenheng med Gatev *et al.* (2006), som argumenterer for at avtakende avkastning ved pairs trading skyldes økt arbitrasjeaktivitet. Dette fører til at avvik eksisterer i kortere perioder.

Samlet sett viser resultatene fra denne analysen at pairs trading ikke kan avkrefte svak markedseffektivitet på Oslo Børs. Det vil derfor ikke være mulig å oppnå meravkastning ved hjelp av analyse av historisk prisinformasjon ettersom denne informasjonen til enhver tid vil være reflektert i markedsprisene.

6. Referanser

- Abarbaneii, J. S., & Bushee, B. J. (1998). Abnormal Returns to a Fundamental Analysis Strategy. *The Accounting Review*, Vol. 73, No. 1, 19-45.
- Abdel-Khalik, A. R., & Ajinkya, B. B. (1982). Returns to Informational Advantages: The Case of Analysts Forecast Revisions. *The Accounting Review*, Vol. 57, No. 4, 661-680.
- Andrade, S. C., di Pietro, V., & Seasholes, M. S. (2005). *Understanding the Profitability of Pairs Trading*. UC Berkeley, Northwestern University.
- Balvers, R., Wu, Y., & Gilliland, E. (2000). Mean Reversion across National Stock Markets and Parametric Contrarian Investments Strategies. *The Journal of Finance*, Vol. 55, No. 2, 745-772.
- Bossaerts, P. (1988). Common Nonstationary Components of Asset Prices. *Journal of Economic Dynamics & Control*, Vol. 12, No. 2-3, 347-364.
- Camerer, C., Babcock, L., Loewenstein, G., & Thaler, R. (1997). Labor Supply of New York City Cab Drivers: One Day at a Time. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 112, No. 2, 407-441.
- Chen, Z., & J. Knez, P. (1995). Measurement of Market Integration and Arbitrage. *Review of Financial Studies*, Vol. 8, No. 2, 287-325.
- De Bondt, W. F. M., & Thaler, R. (1985). Does the Stock Market Overreact? *American Finance Association*, Vol. 40, No. 3, 793-805.
- Do, B., & Faff, R. (2010). Does Simple Pairs Trading Still Work? *Financial Analysts Journal*, Vol. 66, No. 4, 83-95.
- Do, B., Faff, R., & Hamza, K. (2006). A New Approach to Modeling and Estimation for Pairs Trading. *Financial Management Association European Conference* (pp. 87-99). Stockholm: Financial Management Association.
- Elliot, R. J., Van Der Hoek, J., & Malcolm, W. P. (2005). Pairs Trading. *Quantitative Finance*, Vol. 5, No. 3, 271-276.

-
- Engelberg, J., Gao, P., & Jagannathan, R. (2008). *An Anatomy of Pairs Trading: the role of idiosyncratic news, common information and liquidity*. University of California, University of Notre Dame, Northwestern University.
- Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: a Review of Theory and Empirical Work. *The Journal of Finance*, Vol. 25, No. 2, 383-417.
- Fama, E. F., & French, K. R. (2015). A Five-Factor Asset Pricing Model. *Journal of Financial Economics*, Vol. 116, No. 1, 1-22.
- Finnerty, J. E. (1976). Insiders and Market Efficiency. *The Journal of Finance*, Vol. 31, No. 4, 1141-1148.
- Fluck, Z., G. Malkiel, B., & E. Quandt, R. (1997). The Predictability of Stock Returns: A Cross-Sectional Simulation. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 79, No. 2, 176-183.
- French, K. (1980). Stock Returns and The Weekend Effect. *Journal of Financial Economics*, Vol. 8, No. 1, 55-69.
- Friedman, M. (1953). *Essays in Positive Economics*. University of Chicago Press.
- Gatev, E., Goetzmann, W. N., & Rouwenhorst, K. G. (2006). Pairs Trading: Performance of a Relative-Value Arbitrage Rule. *The Review of Financial Studies*, Vol. 19, No. 3, 797-827.
- Granger, C., & Engle, R. (1987). Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*, Vol. 55, No. 2, 251-276.
- Hoel, C. H. (2013). *Statistical Arbitrage Pairs: Can Cointegration Capture Market Neutral Profits?* Bergen: Norwegian School of Economics.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1973). On the Psychology of Prediction. *Psychological Review*, Vol. 80, No. 4, 237-251.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk. *Econometrica*, Vol. 47, No. 2, 263-292.
- Kogan, L., A. Ross, S., Wang, J., & M. Westerfield, M. (2006). The Price Impact and Survival of Irrational Traders. *The Journal of Finance*, Vol. 61, No. 1, 195-229.

-
- Lehmann, B. N. (1990). Fads, Martingales, and Market Efficiency. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 105, No. 1, 1-28.
- Leuthold, R. M., & Hartmann, P. A. (1979). A Semi-Strong Form Evaluation of the Hog Futures Market. *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 61, No. 3, 482-489.
- Lowenstein, R. (2000). *When Geniuses Failed: The Rise and Fall of Long-Term Capital Management*. New York: Random House.
- Perlin, M. S. (2009). Evaluation of Pairs Trading Strategy at the Brazilian Financial Market. *Journal of Derivatives & Hedge Funds*, Vol. 15, No. 2, 122-136.
- Roquette S. C. Almeida, T. (2011). *Improving Pairs Trading*. Porto.
- Rozeff, S. M., & Kinney Jr., W. R. (1976). Capital Market Seasonality: The Case of Stock Returns. *Journal of Financial Economics*, Vol. 3, No. 4, 379-402.
- Schmidt, A. D. (2008). *Pairs Trading: A Cointegration Approach*. Sidney.
- Vidyamurthy, G. (2004). *Pairs Trading, Quantitative Methods and Analysis*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Wooldridge, J. M. (2015). *Introduction to Econometrics*. Cengage Learning.
- Yang, J.-W., Tsai, S.-Y., Shyu, S.-D., & Chang, C.-C. (2016). Pairs trading: The performance of a stochastic spread model with regime switching-evidence from the S&P 500. *International Review of Economics and Finance*, Vol. 43, 139-150.

7. Appendiks

A1. Utleddning av enhetsrotprosess

Vi ser for oss følgende tidsserie:

$$y_t = y_{t-1} + \varepsilon_t, t = 1, 2, \dots, n \quad (A1.1)$$

Hvor det forutsettes at $\{\varepsilon_t, t = 1, 2, \dots, n\}$ er en tilfeldig variabel som er uavhengig av y_{t-1} . y_t følger da en *random walk*, som innebærer at verdien på tidspunkt t er gitt ved verdi i foregående periode, pluss en tilfeldig variabel med konstant varians, som er uavhengig av y_{t-1} . Random walk er et spesialtilfelle av en *enhetsrotprosess*. I en enhetsrotprosess kan ε_t være svakt avhengig av tidligere periode, og prosessen er følgelig ikke-stasjonær.

Vi kan videre tenke oss en stokastisk prosess som er kointegrert av orden p .

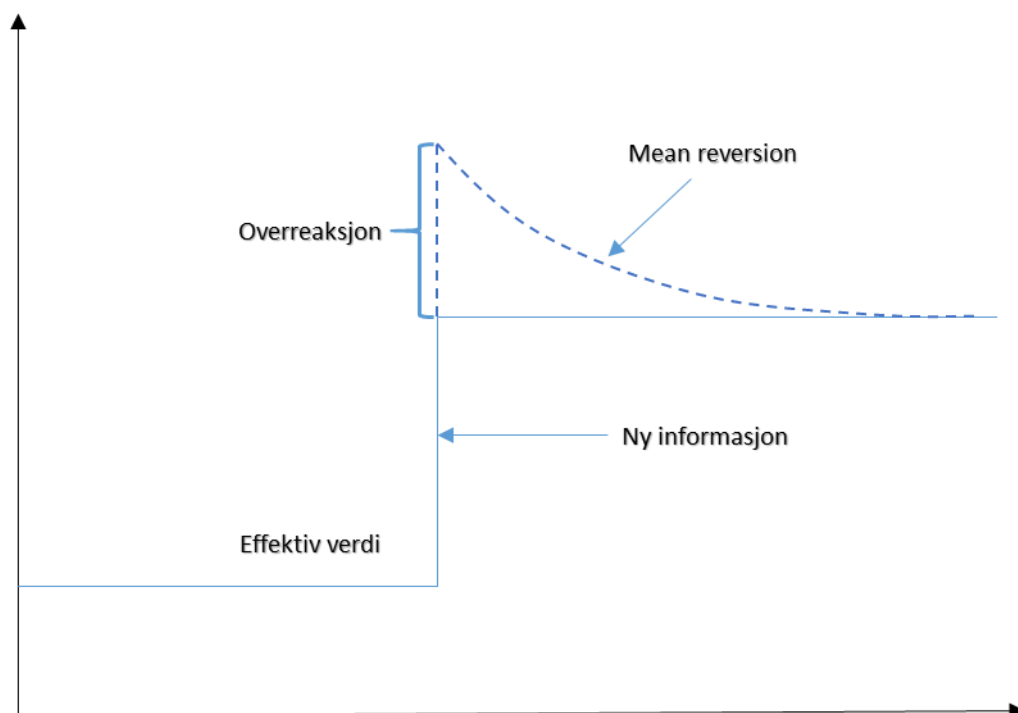
$$y_t = a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \dots + a_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (A1.2)$$

Dersom $y_0 = 0$, og variabelen $z=1$ med følgende egenskaper:

$$z^p - z^{p-1}a_1 - z^{p-2}a_2 - \dots - a_p = 0, \quad (A1.3)$$

så vil den stokastiske prosessen være integrert av første orden. Tidsserien har altså en enhetsrot (Wooldridge, 2015).

A2. Mean reversion

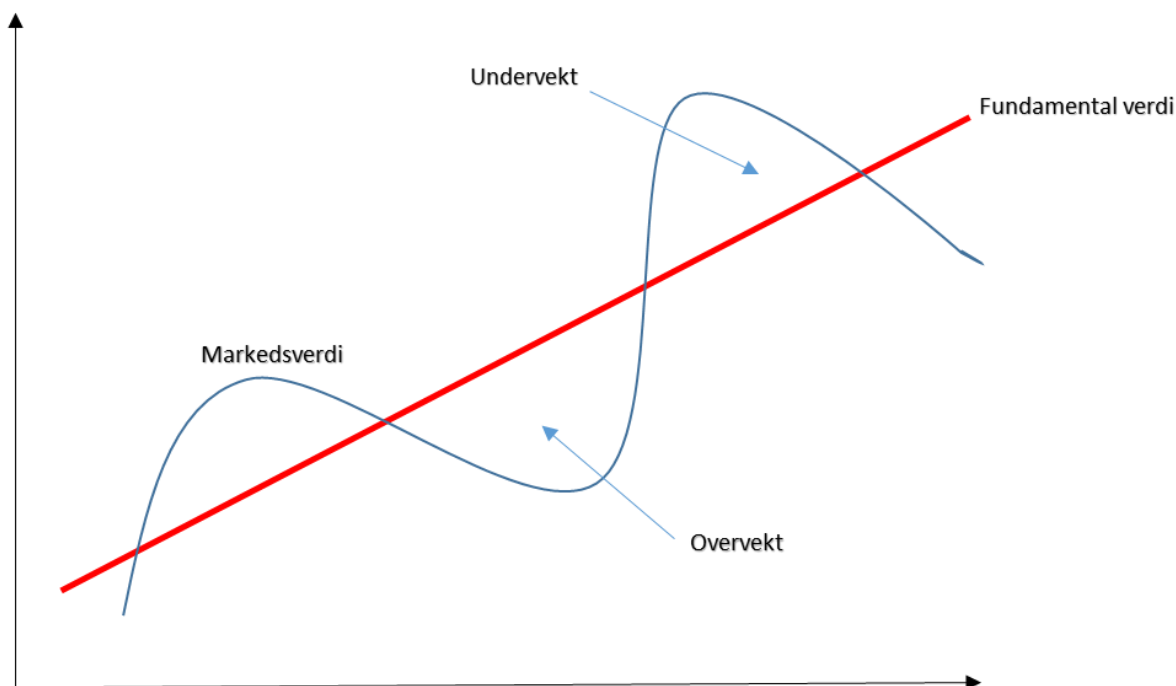


Figur A2.1

Overreaksjon på ny informasjon, med påfølgende mean reversion

Figuren viser hvordan investorer overreagerer på ny informasjon, som fører til at markedsverdi presses over den nye effektive verdien. Siden vil det komme en reversering av overreaksjonen tilbake til effektiv verdi.

A3. Fundamental investeringsstrategi



Figur A3.1

Bevegelse av markedsverdi i forhold til fundamental verdi, og vektning for en fundamental investeringsstrategi

Figuren viser hvordan markedsverdien til en aksje vil svinge rundt fundamental verdi. En fundamental investeringsstrategi vil da gå ut på å ha overvekt(undervekt) i aksjen når markedsverdien er under(over) fundamental verdi.

A4. Utleddning av formel for førsteordens kointegrerte priser

Vi tar utgangspunkt i en prismodell på formen:

$$p_{it} = \sum \beta_{il} p_{lt} + \varepsilon_{it}, k < n \quad (A4.1)$$

Hvor ε_{it} er et svakt avhengig feilledd, etter Bossaerts modell (1988), og p_{it} er svakt avhengig etter å ha blitt differensiert en gang. Dette fører til at prisvektoren \mathbf{p}_t vil være førsteordens kointegrert med kointegrasjonsfaktor $r=n-k$. Da eksisterer det r lineært uavhengige vektorer $\{\boldsymbol{\alpha}_q\}_{q=1,\dots,r}$ slik at

$$z_q = \boldsymbol{\alpha}_q' \mathbf{p}_t \quad (A4.2)$$

er svakt avhengig. Implikasjonen av dette er at r lineære kombinasjoner av priser vil ikke være drevet av de k felles ikke-stasjonære komponentene \mathbf{p}_t .

A5. Gjennomgang av rammeverket for stokastisk tilnærming

Vi antar at det finnes en observerbar prosess y_k :

$$y_k = x_k + D\omega_k \quad (A5.1)$$

Hvor x_k er verdien av en variabel ved tid $t_k = k\tau$ og $k=0,1,2,\dots$, ω_k er i.i.d. Gaussian $\sim N(0,1)$ og $D>0$. Det antas videre at x_k følger følgende prosess:

$$x_{k+1} - x_k = (a - bx_k)\tau + \sigma\sqrt{\tau}\varepsilon_{k+1} \quad (A5.2)$$

Hvor $\sigma \geq 0$, $b \geq 0$, $a \in R$ og ε_k er i.i.d. Gaussian $\sim N(0,1)$ og uavhengig fra ω_k . Denne prosessen vil reverseres rundt $\mu = a/b$.

Vi ønsker å estimere følgende avhengige forventning,

$$\hat{x}_k = E(x_k | Y_k) \quad (A5.3)$$

hvor $Y_k = \sigma\{y_0, y_1, \dots, y_k\}$, da dette vil være et estimatet av den skjulte tilstandsprosessen $x_{k+1} - x_k$ ved hjelp av den observerte prosessen y_k . Ligningen for $x_{k+1} - x_k$ kan skrives om til:

$$x_{k+1} = A + Bx_k + C\varepsilon_{k+1} \quad (A5.4)$$

Hvor $A = a\tau \geq 0$, $0 < B = 1 - b\tau < 1$ og $C = \sigma\sqrt{\tau}$. Da vil $x_k \cong X(k\tau)$ hvor $X(t)|t \geq 0$ tilfredstiller følgende stokastiske differensial likning:

$$dX(t) = (a - bX(t))dt + \sigma dW(t) \quad (A5.5)$$

Vi benytter en Ornstein-Uhlenbeck prosess som en approksimasjon av den stokastiske differensial likningen, for å estimere parameterne A, B og C. Med disse parameterne kan vi da estimere \hat{x}_k gjennom forholdet $x_{k+1} = A + Bx_k + C\varepsilon_{k+1}$.

A6. Forklaring av deskriptiv statistikk

Total avkastning %: Den totale kumulative avkastningen i prosent.

Månedlig avkastning:

Snitt %: Den aritmetiske gjennomsnittlige månedsavkastningen i prosent.

Std.avvik %: Standardavviket til månedsavkastningen i prosent.

Skjevhet: Skjevheten til månedsavkastningen.

Kurtose: Kurtosen til månedsavkastningen.

Min %: Minimum av månedsavkastningen i prosent.

Max %: Maksimum av månedsavkastningen i prosent.

Standardfeil (Newey-West): Newey-West standardfeil med seks perioders lag.

t-verdi: t-verdien til test av gjennomsnittlig månedsavkastning ulik null.

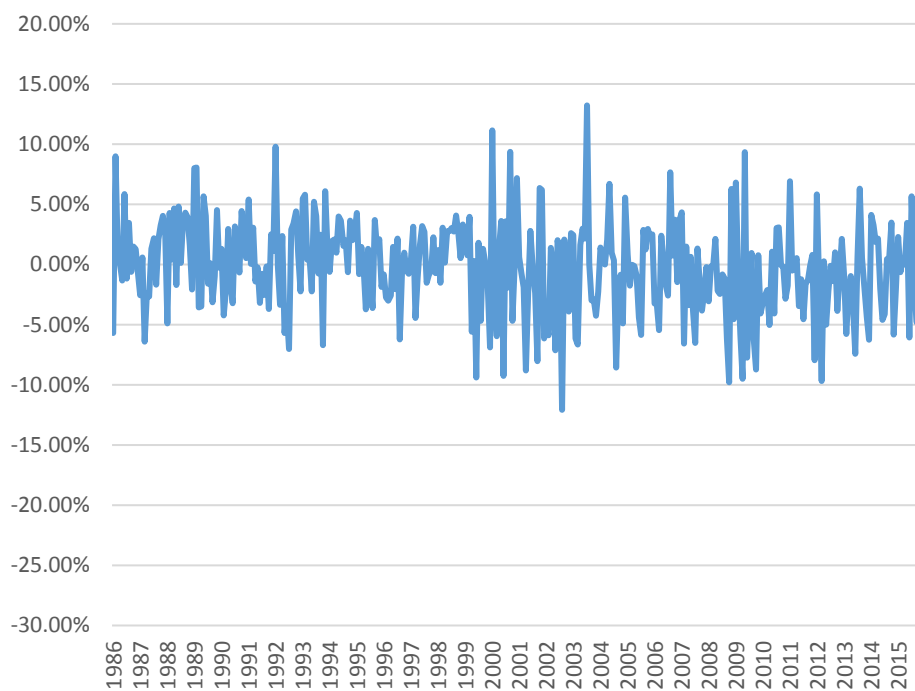
$P > |t|$: p-verdien til test av gjennomsnittlig månedsavkastning ulik null.

Antall par åpnet % snitt: Den gjennomsnittlige prosentandelen av parene som åpner i løpet av en måned.

Antall handler per par snitt: Det gjennomsnittlige antall handler per par i løpet av en måned.

Antall fullstendige handler % snitt: Den gjennomsnittlige prosentandelen av parene som åpnes og lukkes i løpet av en måned.

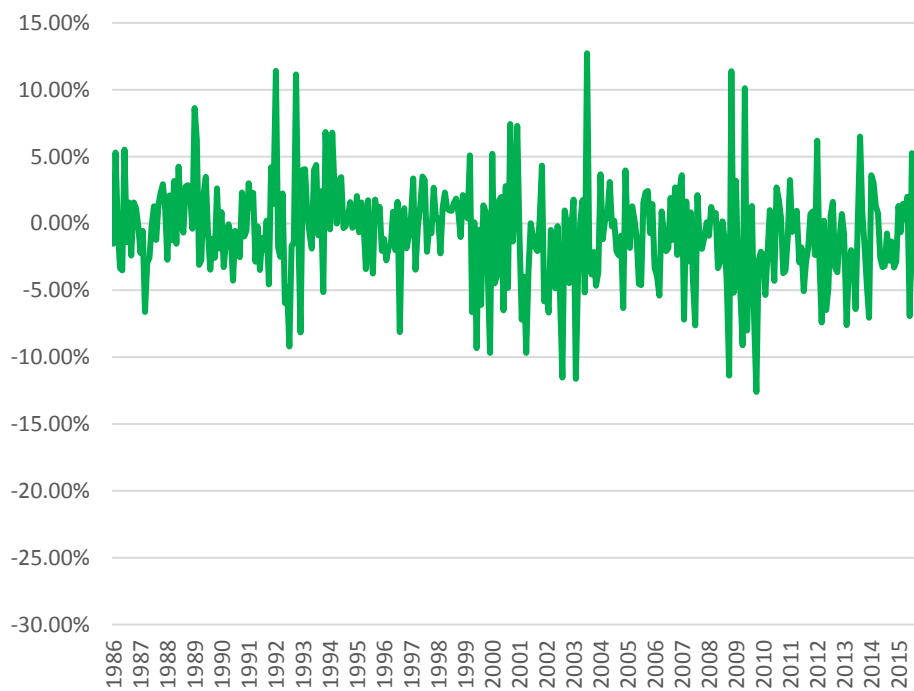
A7. Månedlig avkastning strategisk rammeverk og benchmarkstrategier



Figur A7.1

Månedlig avkastning SR: Strategisk parring og strategisk signal

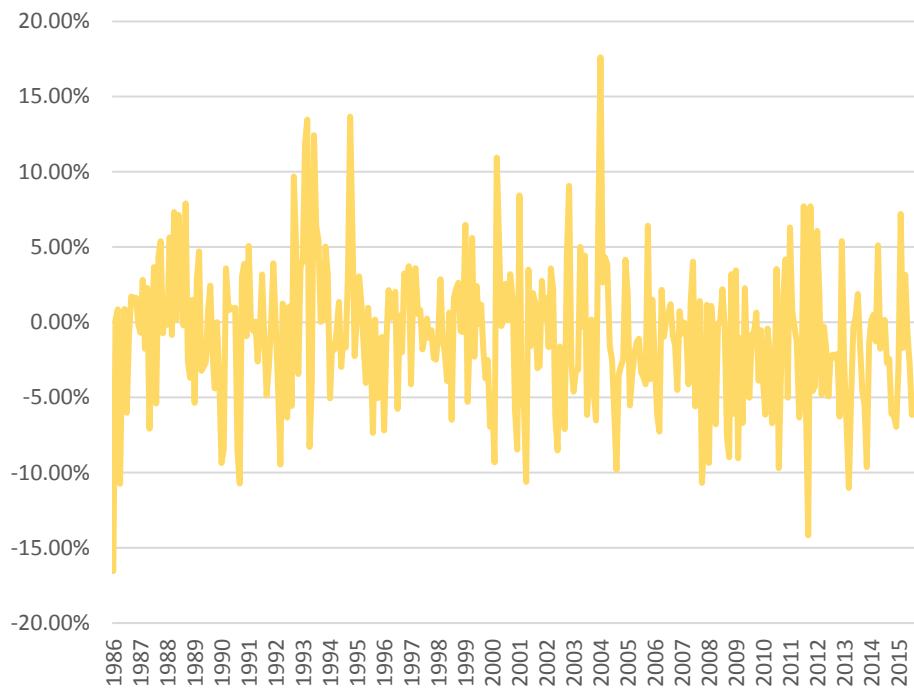
Januar 1985- desember 2015.



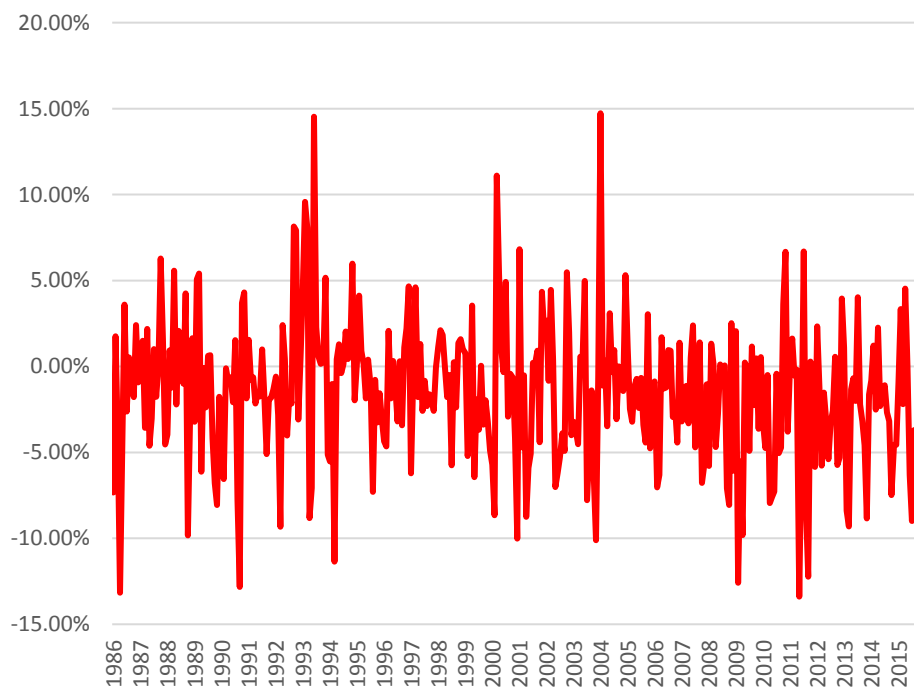
Figur A7.2

Månedlig avkastning B1: Strategisk parring og tilfeldig signal

Januar 1985- desember 2015.

**Figur A7.3****Månedlig avkastning B2: Tilfeldig parring og strategisk signal**

Januar 1985- desember 2015.

**Figur A7.4****Månedlig avkastning B3: Tilfeldig parring og tilfeldig signal**

Januar 1985- desember 2015.