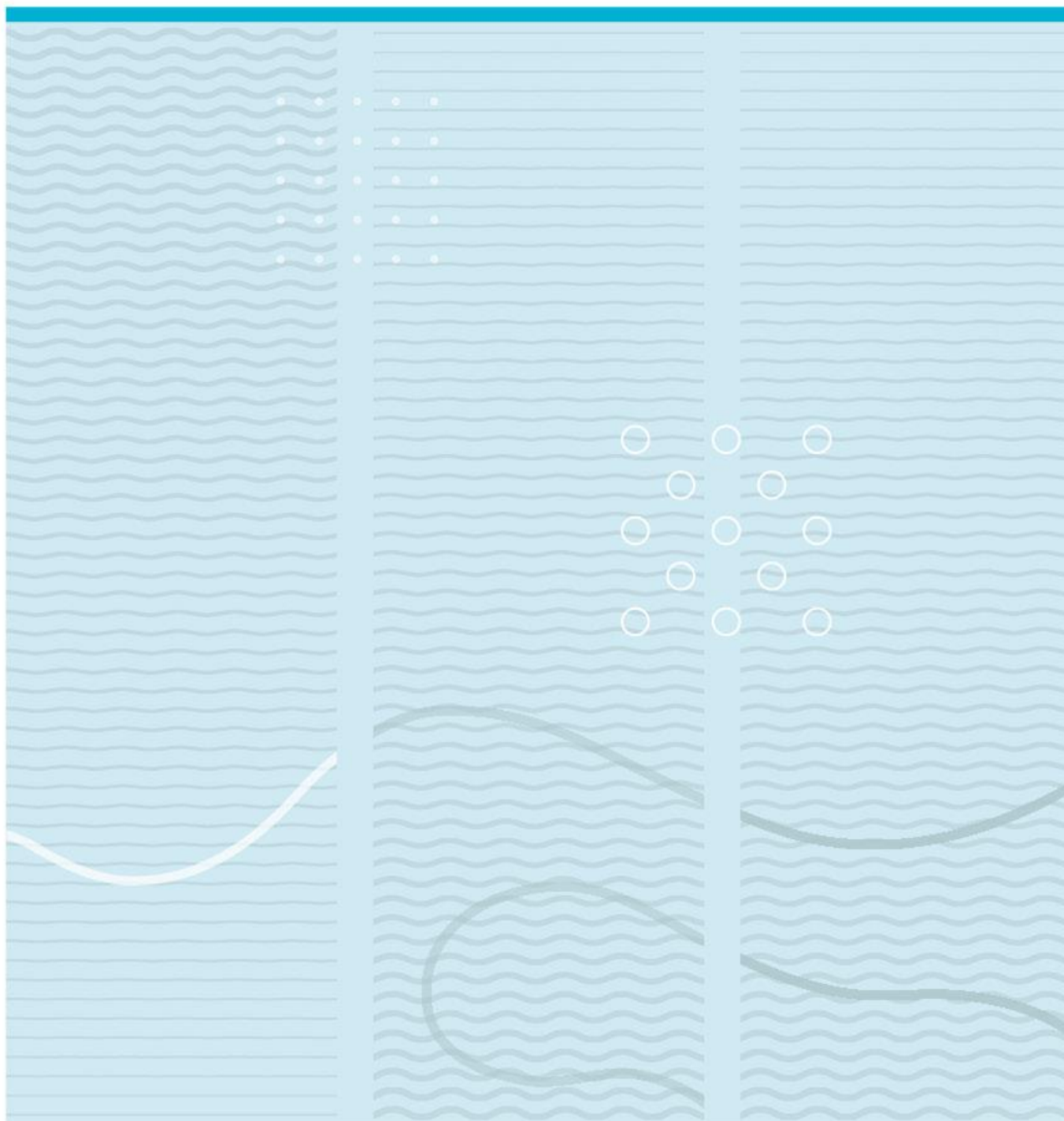


Stina Aasland & Vebjørn Schrøder

Realinvesteringer under usikkerhet

Hva får en praktiker igjen av relativ verdiøkning når kompleksiteten i verdianalysene går fra statisk nåverdi til realopsjoner med stokastisk volatilitet?



Universitetet i Sørøst-Norge
Fakultet for USN Handelshøyskolen
Institutt for økonomi, markedsføring og jus
Postboks 235
3603 Kongsberg

<http://www.usn.no>

© 2021 Stina Aasland & Vebjørn Schrøder

Denne avhandlingen representerer 30 studiepoeng

Forord

Denne masteravhandlingen representerer avslutningen på masterprogrammet bedriftsøkonomisk analyse ved Universitetet i Sørøst-Norge, avdeling Ringerike våren 2021.

Valg av tema og formuleringen av problemstillingen er et resultat av en interesse vi har opparbeidet oss gjennom studiet. Vinklingen for avhandlingen ble først presentert av vår veileder Glenn Kristiansen. Dette dannet vår interesse og motivasjon for å skrive rundt realopsjonstilnærmingen. Det var interessant å se hvilket utslag økt kompleksitet utgjør på eiendelsverdien. Dette gjennom å øke kompleksiteten fra nåverdi til realopsjonsanalyse med konstant volatilitet. Deretter økes kompleksiteten ytterligere med å sette et stokastisk volatiltetsnivå.

Arbeidet rundt masteravhandlingen har for oss vært interessant og svært lærerikt. Det har gitt oss mer informasjon og forståelse rundt faget finans, mer spesifikt realopsjoner og verdsettelse. Vi ønsker å rekke en stor takk til vår veileder, Glenn Kristiansen, som har hjulpet oss gjennom arbeidet med avhandlingen. I tillegg til arbeidet rundt forprosjektet har han kommet med gode vinklinger og innspill rundt utformingen av avhandlingen. Vi vil også takke eiendomsaktøren som ga oss rådata til en eiendomsinvestering.

Til slutt ønsker vi å takke familie og venner som har vært tålmodige og støttende gjennom prosessen.

Hønefoss, 1. juni 2021

Stina Aasland

Vebjørn Schrøder

Sammendrag

Den tradisjonelle nåverdimetoden er en metode som er godt utbredt og fastholdt i finansteorien, og i praksis. Det er en metode som blir forbundet med analyse og prising, og legger ikke til rette for å utnytte fleksibilitet tilknyttet en investering. Dette er en svakhet som følge av at verdien av usikkerhet og fleksibilitet bortfaller. Tilføyning av økt kompleksitet i form av usikkerhet og fleksibilitet i en verdsettelse av en investering, vil føre til at eiendelsverdien øker. Det blir lagt til rette for økt kompleksitet i verdsettelsen gjennom en realopsjonsanalyse, der volatilitetsnivået holdes konstant. Realopsjonsanalysen gjennomføres via binomisk tre, hvor tre opsjonstyper blir benyttet. Opsjonstypene er: vente-, ekspansjons- og nedskaleringsoption. Det var på bakgrunn av dette interessant å se ytterligere på hvilket utslag økt kompleksitet utgjør på eiendelsverdien, med å sette et stokastisk volatilitetsnivå. Utredningen vil basere seg på hvor mye verdien på en underliggende eiendel blir påvirket av å øke kompleksiteten. Problemstillingen er på bakgrunn av dette utformet slik:

Hva får en praktiker igjen av relativ verdiøkning når kompleksiteten i verdianalysene går fra statisk nåverdi til realopsjoner med stokastisk volatilitet?

Avhandlingen tar for seg to tilhørende forskningsspørsmål, som skal være drivere for å kunne besvare problemstillingen. Disse forskningsspørsmålene omhandler i hvilken grad økt kompleksitet vil gi utslag i verdsettelsen. Først vil vi ta for oss tradisjonell nåverdi uten fleksibilitet og sammenligne med å inkludere fleksibilitetsverdien. Verdien av fleksibilitet blir verdsatt gjennom en realopsjonsanalyse via binomisk tre. Deretter hvordan verdien til den underliggende øker ved å tilføye stokastisk volatilitet. Volatilitetsnivået blir beregnet gjennom Monte Carlo-simulering og geometrisk Brownsk bevegelse.

Studiet baserer seg på en kvantitativ tilnærming, som bygger på et tallgrunnlag fra et investeringsprosjekt. Funnene indikerer at eiendelsverdien stiger ved å øke kompleksiteten i verdsettelsen. Det gir større utslag i resultatene med å tilføye ledelsesmessig fleksibilitet og usikkerhet, fremfor å øke usikkerheten ytterligere. Med økt kompleksitet følger en rekke forutsetninger og antagelser, som må være til stede for å kunne gjøre resultatene gjeldende. Dette gjør det vanskelig å konkludere med at resultatene vil være valide og reliable nok, til å kunne anse som et godt beslutningsgrunnlag.

Innholdsfortegnelse

FORORD	2
SAMMENDRAG	3
FIGURLISTE	7
TABELLISTE	8
UTTRYKKSLISTE	9
1 INTRODUKSJON	10
2 PRESENTASJON AV TALLGRUNNLAG	12
2.1 DATA KNYTTET TIL DEN UNDERLIGGENDE EIENDELEN	12
2.2 DRIVERE FOR RISIKO TIL DEN UNDERLIGGENDE EIENDELEN	13
3 TEORETISK BAKGRUNN	15
3.1 TRADISJONELL VERDSETTELSESMETODE.....	15
3.1.1 Nåverdimetoden	15
3.1.1.1 Avkastningskrav	16
3.1.1.2 Nåverdi i realopsjon	17
3.2 REALOPSJON	18
3.2.1 Introduksjon til realopsjonsteori.....	18
3.2.2 Drivere for fleksibilitet.....	19
3.2.3 Påvirkningsfaktorer på realopsjonsverdien.....	22
3.2.4 Realopsjoner sett opp mot finansielle opsjoner	24
3.3 FORUTSETNINGER FOR VURDERING AV REALOPSJON	25
3.3.1 Market asset disclaimer	26
3.3.2 Risikonøytral sannsynlighet	26
3.3.3 Geometrisk Brownsk bevegelse.....	27
3.4 VOLATILITET.....	28
3.4.1 Hva er volatilitet	28
3.4.2 Utfordringer rundt estimering av volatilitet	28
3.4.3 Estimering av volatilitet	29
3.4.3.1 Konstant vs. stokastisk volatilitet.....	30
3.4.4 Hvordan måle volatilitet	31
3.5 BINOMISK PRISINGSMODELL	32
4 METODISK TILNÆRMING	34
4.1 FORSKNINGSSTRATEGI	34
4.1.1 Valg av forskningsdesign	34
4.2 INNSAMLING AV DATA	35
4.2.1 Sekundærdata.....	35
4.3 FORSKNINGSPROSESS	36

4.4	BEREGNINGSMETODE.....	37
4.4.1	Statisk nåverdi.....	37
4.4.2	Volatilitetsnivå.....	38
4.4.2.1	Estimering av konstant volatilitet.....	38
4.4.2.2	Estimering av stokastisk volatilitet.....	39
4.4.3	Binomisk prisingsmodell.....	40
4.4.3.1	Bevegelsene til den underliggende.....	41
4.4.3.2	Risikonøytral prising.....	43
4.4.3.3	Baklengs induksjon.....	44
4.5	KVALITETSKRITERIER.....	45
4.5.1	Validitet.....	45
4.5.1.1	Innholdsvaliditet.....	46
4.5.1.2	Intern validitet.....	46
4.5.1.3	Ekstern validitet.....	46
4.5.2	Reliabilitet.....	47
4.5.3	Forskningsetiske betraktninger.....	48
5	RESULTATER.....	49
5.1	STATISK NÅVERDI.....	50
5.2	VOLATILITETSNIVÅET.....	51
5.2.1	Monte Carlo-Simulering.....	51
5.2.2	Geometrisk Brownsk bevegelse.....	52
5.3	REALOPSJONSANALYSE VIA BINOMISK TRE.....	53
5.4	VERDSETTELSE AV OPSJONSTYPENE.....	57
5.4.1	Verdsettelse av opsjonstypene via binomisk tre med konstant volatilitet.....	57
5.4.2	Verdsettelse av opsjonstypene via binomisk tre med stokastisk volatilitet.....	60
5.5	SAMMENLIGNING AV RESULTATENE.....	65
6	DISKUSJON.....	67
6.1	FORSKNINGSSPØRSMÅL 1.....	67
6.2	FORSKNINGSSPØRSMÅL 2.....	69
7	AVSLUTNING.....	72
7.1	KONKLUSJON.....	72
7.2	BEGRENSNINGER.....	73
7.3	VIDERE FORSKNING.....	73
8	REFERANSELISTE.....	75
9	VEDLEGG.....	84
9.1	SLUTTNODER FOR STOKASTISK VOLATILITET.....	84
9.1.1	Verdiutvikling.....	84
9.1.2	Venteopsjon.....	87
9.1.3	Ekspansjonsopsjon.....	89

9.1.4	<i>Nedskaleringsopsjon</i>	91
9.2	MATLAB KODER TIL BINOMISK TRE	93
9.2.1	<i>Binomisk tre med konstant volatilitet</i>	93
9.2.1.1	Verdiutvikling.....	93
9.2.1.2	Venteopsjon	96
9.2.1.3	Ekspansjonsopsjon	99
9.2.1.4	Nedskaleringsopsjon	102
9.2.2	<i>Binomisk tre med stokastisk volatilitet</i>	105
9.2.2.1	Verdiutvikling.....	105
9.2.2.2	Venteopsjon	108
9.2.2.3	Ekspansjonsopsjon	111
9.2.2.4	Nedskaleringsopsjon	114

Figurliste

FIGUR 1: I HVILKE TILFELLER ER FLEKSIBILITET VERDIFULL? (OVERSATT) (COPELAND & ANTIKAROV, 2003, s. 14; KOLLER ET AL., 2010, s. 683).	21
FIGUR 2: NÅR VIL DET VÆRE GUNSTIG Å BENYTTET SEG AV EN REALOPPSJON PÅ EN EIENDEL, SETT I FORHOLD TIL NPV (OVERSATT) (KODUKULA & PAPUDESU, 2006, s. 59).	21
FIGUR 3: FORSKNINGSPROSESS.	36
FIGUR 4: VERDIUTVIKLING PÅ DEN UNDERLIGGENDE (MUN, 2002, s. 142).	42
FIGUR 5: HISTOGRAM AV FORDELING AV NÅVERDIER.	52
FIGUR 6: GRAFISK FREMSTILLING AV VERDIUTVIKLING GJENNOM BINOMISK TRE MED KONSTANT VOLATILITET.	55
FIGUR 7: GRAFISK FREMSTILLING AV VERDIUTVIKLING GJENNOM BINOMISK TRE MED STOKASTISK VOLATILITET.	57
FIGUR 8: GRAFISK FREMSTILLING AV VENTEOPPSJONSVERDI MED KONSTANT VOLATILITET VIA BINOMISK TRE.	58
FIGUR 9: GRAFISK FREMSTILLING AV EKSPANSJONSOPPSJONSVERDI MED KONSTANT VOLATILITET VIA BINOMISK TRE.	59
FIGUR 10: GRAFISK FREMSTILLING AV NEDSKALERINGSOPPSJONSVERDI MED KONSTANT VOLATILITET VIA BINOMISK TRE.	60
FIGUR 11: GRAFISK FREMSTILLING AV VENTEOPPSJONSVERDI MED STOKASTISK VOLATILITET VIA BINOMISK TRE.	62
FIGUR 12: GRAFISK FREMSTILLING AV EKSPANSJONSOPPSJONSVERDI MED STOKASTISK VOLATILITET VIA BINOMISK TRE.	63
FIGUR 13: GRAFISK FREMSTILLING AV NEDSKALERINGSOPPSJONSVERDI MED STOKASTISK VOLATILITET VIA BINOMISK TRE.	64
FIGUR 14: SAMMENLIGNING AV RESULTATER.	65
FIGUR 15: PROSENTVIS ØKNING I EIENDELSVERDIENE VED Å INKLUDERE FLEKSIBILITET.	68
FIGUR 16: PROSENTVIS ØKNING I EIENDELSVERDIENE AV Å ØKE USIKKERHETEN.	70

Tabelliste

TABELL 1: NETTO KONTANTSTRØM.....	13
TABELL 2: AREAL- OG INNTEKTSFORDELING.....	13
TABELL 3: SAMMENLIGNING AV FINANSIELLE OPSJONER OG REALOPSJON (OVERSATT) (MUN, 2002, s. 100).....	25
TABELL 4: PARAMETER FOR GEOMETRISK BROWNSK BEVEGELSE I STUDIENS TILFELLE.	40
TABELL 5: POTENSIELLE OPSJONSVERDIER.....	44
TABELL 6: PARAMETER FOR REALOPSJONSANALYSE.....	50
TABELL 7: NÅVERDIER.....	51
TABELL 8: PARAMETERVERDIER FOR GEOMETRISK BROWNSK BEVEGELSE.....	52
TABELL 9: STOKASTISK VOLATILITETSNIVÅ.....	53
TABELL 10: REALOPSJONSPARAMETERE VED KONSTANT VOLATILITET.....	54
TABELL 11: VERDIUTVIKLING GJENNOM BINOMISK TRE MED KONSTANT VOLATILITET.....	55
TABELL 12: REALOPSJONSPARAMETER FOR STOKASTISK PROSESS.....	56
TABELL 13: VERDIUTVIKLING GJENNOM BINOMISK TRE MED STOKASTISK VOLATILITET.	56
TABELL 14: VENTEOPSJONSVERDI MED KONSTANT VOLATILITET VIA BINOMISK TRE.....	58
TABELL 15: EKSPANSJONSOPSJONSVERDI MED KONSTANT VOLATILITET VIA BINOMISK TRE.....	59
TABELL 16: NEDSKALERINGSOPSJONSVERDI MED KONSTANT VOLATILITET VIA BINOMISK TRE.....	60
TABELL 17: VENTEOPSJONSVERDI MED STOKASTISK VOLATILITET VIA BINOMISK TRE.	62
TABELL 18: EKSPANSJONSOPSJONSVERDI MED STOKASTISK VOLATILITET VIA BINOMISK TRE.	63
TABELL 19: NEDSKALERINGSOPSJONSVERDI MED STOKASTISK VOLATILITET VIA BINOMISK TRE.....	64

Uttrykksliste

UTTRYKK 1: STATISK NÅVERDI	37
UTTRYKK 2: WACC.....	38
UTTRYKK 3: KONTINUERLIG AVKASTNING FOR MONTE CARLO-SIMULERING.....	39
UTTRYKK 4: KONTINUERLIG AVKASTNING FOR GEOMETRISK BROWNSK BEVEGELSE.	40
UTTRYKK 5: ØKNINGSFAKTOR.	41
UTTRYKK 6: REDUKSJONSFAKTOR.....	41
UTTRYKK 7: NÅVERDI AV FREMTIDIG KONTANTSTRØM.....	42
UTTRYKK 8: RISIKONØYTRAL SANNSYNLIGHET FOR ØKNING.....	43
UTTRYKK 9: RISIKONØYTRAL SANNSYNLIGHET FOR REDUKSJON.....	43
UTTRYKK 10: RISIKONØYTRAL OPSJONSVERDI.....	44

1 Introduksjon

Akademisk litteratur rundt begrepet realopsjon har de siste tre tiårene vokst enormt (Lambrecht, 2017, s. 166). Det har vært store forventninger i litteraturen, om realopsjonstilnærmingen skulle erstatte den tradisjonelle diskonterte kontantstrømmen rundt verdsettelse av et investeringsprosjekt (Adetunji & Owolabi, 2016, s. 104; Lambrecht, 2017, s. 166). Empiriske funn fra Block (2007, s. 255), og Graham og Harvey (2001, s. 197) indikerer at praktikere benytter seg av netto nåverdimetoden fremfor realopsjonsverdsettelse. Realopsjoner legger til rette for en merverdi i form av ledelsesmessig fleksibilitet for å utnytte usikkerhet. Denne merverdien blir ikke tatt hensyn til i tradisjonell neddiskontert kontantstrøm-tilnærming (Li og Liao, 2011, s. 15296).

Fremtidsaspektet innenfor verdsettelse bygger på nettopp det at vi ikke vet hva fremtiden vil bringe generelt, og det er derfor hensiktsmessig å ta dette til betraktning i form av volatilitet. Måling og estimering av volatilitetsnivået har i litteraturen vist seg å være utfordrende i gjennomførelse av realopsjonsverdsettelse (Godinho, 2006, s. 1). Utfordringene bidrar til at realopsjonsverdsettelsen innehar en mer kompleks og sofistikert modell (Lambrecht, 2017, s. 168). En realopsjonsanalyse er, sett opp mot tradisjonell nåverdiberegning, mer kompleks i den forstand at den innehar flere variabler og forutsetninger. En realopsjonsanalyse legger til rette for å utnytte fremtidig risiko og tilføyer ledelsen fleksibilitet til den underliggende, mens statistisk nåverdi ignorerer ledelsesmessig fleksibilitet (Lambrecht, 2017, s. 168). En sentral forutsetning i realopsjonsanalysen bygger på et konstant volatilitetsnivå (Chockalingam & Muthuraman, 2011, s. 793). Konstant volatilitet er ifølge Rubinstein (1994, s. 776) og Zhang et al. (2020, s. 1) en forutsetning som ikke kan gjøres gjeldende i det virkelige markedet. Det vil på bakgrunn av dette være interessant å undersøke hva slags utslag og effekt økt kompleksitet kan gi på verdien til den underliggende eiendelen. Med økt kompleksitet menes inkludering av fleksibilitet og ytterligere økning av usikkerhet i verdsettelsen. Problemstillingen blir besvart gjennom et tallgrunnlag fra en eiendomsinvestering. Dette har bidratt til at vi har utformet en utforskende og åpen problemstilling:

Hva får en praktiker igjen av relativ verdiøkning når kompleksiteten i verdianalysene går fra statistisk nåverdi til realopsjoner med stokastisk volatilitet?

Det indikeres av Damodaran (2002, s. 733), at eiendomsbransjen kjennetegnes av sikre investeringer, som innehar en lav grad av risiko. Lucius (2001), Hui og Fung (2009), og Titman (1985) benytter i sin forskning realopsjonstilnærminger på eiendomsinvesteringer. Imidlertid, er risiko en sentral driver for eiendelsverdien i en realopsjonsanalyse (Mun, 2002, s. 161). Kodukula og Papudesu (2006,

s. 59) indikerer at økt risiko vil bidra til en høyere verdi for den underliggende eiendelen. På en annen side kan økt kompleksitet ifølge Lambrecht (2017, s. 168), føre til svekket validitet i resultatene. Vi velger på bakgrunn av dette å øke kompleksiteten i verdsettelsesmodellene utelukkende ved estimering og inkludering av volatilitet. Utslaget av den økte kompleksiteten vil vises gjennom ulike former for fleksibilitet i opsjonene. For å kunne se hvor stort utslag økt kompleksitet vil gi, er det nødvendig å avgrense forskningsområdet med følgende forskningsspørsmål:

1. I hvilken grad vil eiendelsverdien relativt sett øke når kompleksiteten går fra statisk nåverdi til en realopsjonsverdsettelse via binomisk tre?
2. I hvilken grad vil økt kompleksitet fra konstant til stokastisk volatilitet relativt sett øke verdien på vente-, ekspansjons- og nedskaleringsopsjon via binomisk tre?

Resultatene i vår studie bekrefter at eiendelsverdien påvirkes av å øke kompleksiteten i verdsettelsen. Det kommer frem i resultatene at tilføyning av ledelsesmessig fleksibilitet og usikkerhet gir størst utslag i eiendelsverdien, fremfor ytterligere økning i usikkerhet.

Denne avhandlingen består av syv hovedkapitler. Det første kapittelet består av presentasjon av bakgrunn, problemstilling og tilhørende forskningsspørsmål. Vi vil videre i kapittel to presentere tallgrunnlaget som vil generere resultatene. I det tredje kapittelet vil det bli gjort rede for eksisterende litteratur som er relevant for å forstå og besvare problemstillingen. Kapittel fire viser en gjennomgang av metodene som blir brukt for å besvare problemstillingen, og kvalitetskrav knyttet til de gitte metodene. Kapittel fem består av resultatene av metodene, hvor kapittel seks diskuterer funnene opp mot den presenterte litteraturen. Avslutningsvis, vil vi i kapittel syv presentere konklusjon, avhandlingens begrensninger og deretter komme med forslag til videre forskning.

2 Presentasjon av tallgrunnlag

I dette kapittelet blir tallgrunnlaget for eiendomsinvesteringen presenter, heretter den underliggende eiendelen. Tallgrunnlaget vil kun bli brukt for å få virkelige tall for analysen. De økonomiske opplysningene tilknyttet den underliggende eiendelen består av arealfordeling, balanse, resultat, kontantstrøm og levetid.

2.1 Data knyttet til den underliggende eiendelen

For å kunne besvare problemstillingen vil det være hensiktsmessig å ta utgangspunkt i en investering. Utgangspunktet for analysene støtter seg på et tallgrunnlag tilknyttet en eiendomsinvestering. Damodaran (2002, s. 729) trekker frem at en eiendomsinvestering innehar momenter som egner seg til verdsetting. Forskning gjort av Lucius (2001), Hui og Fung (2009), og Titman (1985) benytter realopsjonstilnærminger for verdsetting av eiendomsinvesteringer. Det blir også trukket frem av Damodaran (2002, s. 733), at eiendomsbransjen kjennetegnes av sikre investeringer som ikke innehar mye risiko. På bakgrunn av dette vil analysene basere seg på tradisjonell nåverdimetode og realopsjonsanalyse, hvor usikkerhet og fleksibilitet blir tatt hensyn til. Investering og kontantstrøm til den underliggende eiendelen er viktige momenter for analysene, og blir presentert nedenfor.

Investering

Investeringskostnaden til den underliggende er på **72 641 159** kroner. Investeringskostnaden består av en egenkapital på 18 641 159 (24,67%), og lånefinansiering på 54 000 000 (75,33%). Den underliggende eiendelen har en levetid på 10 år, men presentert informasjon viser at lånet har en nedbetalingstid på 25 år. Dette gir påvirkning på utslaget til variablene som inngår rundt finansieringen av den underliggende eiendelen. Skattesatsen er på 27%.

Kontantstrøm

Igangsetting av investeringen til den underliggende vil resultere i en netto kontantstrøm, som vist i tabell 1. Den høye verdien i år 10 i netto kontantstrømmen skyldes at eiendelen blir solgt. Det fremkommer en forutsetning i beregningene at eiendelen selges i år 10, til sum lik investeringsbeløpet.

Tabell 1: Netto kontantstrøm.

År	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Netto KS	2 296 608	104 012	646 559	514 910	363 130	916 553	1 005 452	1 182 623	1 368 969	73 802 274

2.2 Drivere for risiko til den underliggende eiendelen

Det som må tas til betraktning når det utføres en investering på en fysisk eiendel, er usikre variabler relatert til avkastningen. Beregninger tilknyttet investeringen til den underliggende eiendelen har blitt tatt hensyn til. Leieinntekter er ifølge Møller (2012, s. 24), den variabelen det er knyttet størst usikkerhet innenfor eiendom. Leieinntekter er en sentral verdidriver i eiendelens tilfelle.

Leieinntekter

Mye av lønnsomheten til den underliggende eiendelen blir generert av leieinntekter. På grunn av at variabelen er en stor verdidriver til eiendelen, er det også en tilhørende risiko til variabelen. Eieren av eiendelen har iverksatt tiltak for å redusere risiko relatert til leieinntekter. For å redusere risiko har det blitt gjennomført tiltak, som leietakerportefølje og inflasjonsjusterte kontrakter. Dette kan bidra til å nøytralisere og redusere usikkerheten vedrørende leieinntektene. Et annet tiltak er at arealet som disponeres til utleie, allerede er kontraktfestet før investeringen blir igangsatt. Tabell 2 viser en oversikt over arealfordelingen til de ulike leietakerne, med tilhørende årlig leiesum. Leiesummene blir inflasjonsjustert stigende per kommende år med 2,5%.

Tabell 2: Areal- og inntektsfordeling.

Utleie	Areal fordeling m ²	Inntekt pr år	Inntekt pr m ²
Leietaker 1	1 555	1 943 940	1 250
Leietaker 2	1 706	1 747 803	1 024
Leietaker 3	148	180 000	1 216
Leietaker 4	992	900 423	908
Leietaker 5	391	0	0
Sum	4 792	4 772 166	4 398

Fra tabell 2 fremviser det ingen forventet inntekt til Leietaker 5. Dette kommer av at Leietaker 5 har kjøpt sin andel på 391 m² av bygget. I kalkyleberegningen fremvises det at andelen har en kjøpesum på 7 336 121 kr, hvor 350 768 kr av beløpet er salgsgjevinst til eieren. Leietaker 1 og 3 genererer

høyest leie per kvadratmeter. Ulikhetene i inntektene per kvadratmeter kan skyldes ulike kostnader for eieren knyttet til arealet.

3 Teoretisk bakgrunn

Kapittelet vil omhandle allerede eksisterende litteratur som er relevant for å besvare problemstillingen. Teorigrunnlaget baserer seg på litteratur som er nødvendig for å gjennomføre en nåverdi- og realopsjonsanalyse. Vi vil systematisk gjennomgå komponentene som inngår i analysene. Kompleksitetsnivået i analysene vil avhenge av om verdien av fleksibilitet inkluderes og ytterligere økning av usikkerhet i verdsettelsen. Først vil vi definere nåverdi- og realopsjonsbegrepet. Deretter gjør vi rede for volatilitetsvariabelen, og den binomiske prisingsmodellen. Hver komponent har underkapitler hvor vi går i dybden på hva den omhandler, og hvilke forutsetninger som må være tilfredsstillt for å kunne gjennomføre analysene.

Vi har gjennom arbeidet med forprosjektet i forkant av masteravhandlingen, opparbeidet oss et teorigrunnlag for å besvare problemstillingen. Vi har valgt å benytte deler av litteraturgrunnlaget fra forprosjektet i avhandlingen.

3.1 Tradisjonell verdsettelsesmetode

I dette kapittelet vil det bli presentert teori rundt tradisjonelle metoder, hvor hovedfokuset vil ligge på nåverdimetoden og komponentene som inngår i modellen. Deretter vil en kobling mellom nåverdimetoden og realopsjonstilnærmingen bli gjort rede for.

3.1.1 Nåverdimetoden

Verdsettelse ved hjelp av neddiskontert kontantstrøm ble først introdusert av Irving Fisher i 1907 og 1930, hvor metoden hovedsakelig ble brukt på investeringer innenfor finans eller fysiske eiendeler (Parker, 1968, s. 65). Bruken av neddiskontert kontantstrøm i verdsetting av en investering, er godt fastholdt i finansteorien og blir ofte brukt i praksis (Shrieves & Wachowicz, 2001, s. 33). Neddiskontert kontantstrøm er en metode som oftest blir forbundet med analyse og prising, men egner seg ikke for å analysere fleksibilitet (French & Gabrielli, 2005 s. 79; Trigeorgis, 1996, s. 1). Tilnærmingen baserer seg på en enkel kontantstrømprognose, og legger ikke til rette for vurdering av om ledere skal redusere, forlate eller utvide en investering. I tilfeller der investeringer står ovenfor høy usikkerhet i fremtiden, kan neddiskonterte kontantstrømmer basert på ulike scenarioer være en god tilnærming i en verdsettelse (Koller et al., 2010, s. 679).

Nåverdimetoden (NPV) er mer knyttet til verdivurdering, sikkerhetsvurdering og investeringsprosjekter (Shrieves & Wachowicz, 2001 s. 34). Ifølge Trigeorgis (1996, s. 121) gir tilnærmingen en forutsatt antagelse om at et forventet scenario av kontantstrømmen blir fulgt av ledelsens forpliktelse til driftsstrategi. Nåverdimetoden tar kun utgangspunkt i nåværende forutsigbare kontantstrømmer, og legger ikke til rette for fremtidig ledelsesmessig fleksibilitet som svar på en uventet markedsutvikling (Ho & Liao, 2011, s. 15296; Horn et al., 2015, s. 74; Shen & Pretorius, 2013, s. 425; Trigeorgis, 1996, s. 1). Dette kan føre til at investeringer vil lede beslutningstakerne, ved at tilnærmingen ignorerer merverdi som er en viktig driver som kan gi ledelsesmessig fleksibilitet (Ho & Liao, 2011, s. 15296). I de fleste tilfeller vil kontantstrømmene mest sannsynlig avvike fra hva ledelsen forventer. Dette ved at markedet er preget av endring, usikkerhet og konkurransesituasjoner. Disse situasjonene oppstår da ny informasjon kommer til kunnskap, og usikkerhet rundt markedstilstand og fremtidige kontantstrømmer løses. Ledelsen har dermed muligheten til å utnytte situasjonen, og muligheter for fremtiden oppstår (Trigeorgis, 1996, s. 1).

Dersom nåverdien er positiv, vil bedrifter få størst verdiskaping og investeringer bør i teorien gjennomføres. Ifølge Gallo (2014, s. 2) bør ikke investeringer gjennomføres dersom det oppstår en negativ nåverdi. Ledelsen bør av den grunn være varsom, da nåverdien kun gir et resultat som gjelder den forutbestemte kontantstrømmen.

3.1.1.1 Avkastningskrav

Nåverdimetoden setter fokus på den fremtidige avkastningen som genereres av eiendelen, gjennom den frie kontantstrømmen. Netto nåverdi er nåverdien av eiendelens fremtidige kontantstrøm, fratrukket kostnader tilknyttet implementering, etablering og utvikling på tidspunkt 0. Avkastningskrav kan være selskapsspesifikt forretningskrav, kapitalkostnad (WACC), eller en risikojustert diskonteringsrente basert på prosjekter, historisk data eller selskapsrisiko (Mun, 2002, s. 56).

Kontantstrømmen den underliggende eiendelen genererer, er uavhengig av kapitalstruktur og er tilgjengelig for alle typer investorer. Det er derfor hensiktsmessig å neddiskontere kontantstrømmen med et vektet snitt av egenkapitals- og gjeldskostnadene (Koller et al., 2010, s. 103). Ifølge Koller et al. (2010, s. 103) og Magni (2015, s. 861), blir investeringer i flere tilfeller finansiert gjennom ulike former for kapital. Bruk av *weighted average cost of capital* (WACC) som avkastningskrav for

kontantstrømmen, egner seg best dersom kapitalstrukturen holdes stabil. Dette kan bidra til svakheter i vurderingen av prosjektet om det er nødvendig å endre på strukturen (Koller et al., 2010, s. 103). WACC er et passende avkastningskrav dersom risikoen forbundet med investeringen etterligner risikoen til firmaet (Brandao & Dyer, 2005, s. 23). Informasjonen forbundet med WACC, blir ifølge Brandao og Dyer (2005, s. 23) kun brukt for individuelle investeringsprosjekter.

3.1.1.2 Nåverdi i realopsjon

Nåverdimetoden er utgangspunktet for en realopsjonsanalyse, som gjør det umulig for realopsjonstilnærmingen å fullstendig erstatte nåverdimetoden innenfor verdsettelse (Koller et al., 2010, s. 680). En realopsjonsanalyse er avhengig av nåverdien til en eiendel uten fleksibilitet for å verdsette eiendelen med økt kompleksitet. Økt kompleksitet inkluderer verdien av ledelsesmessig fleksibilitet og usikkerhet (Copeland & Antikarov, 2003, s. 84; Guthrie, 2009, s. 18). Dersom innehaveren ønsker å inkludere og utnytte fleksibiliteten i størst mulig grad, nevner Copeland og Antikarov (2003, s. 15), og Koller et al. (2010, s. 683) at det bør være usikkerhet knyttet til investeringens lønnsomhet. Det vil si at nåverdien av eiendelen er i nærheten av 0. Dette for å utnytte usikkerheten som inngår i en realopsjonsanalyse, ved å tilføye fleksibilitet til ledelsen. Dersom verdien på eiendelen har en høy nåverdi, vil tidlig innløsning være vanskelig å gjennomføre ved at realopsjonen er *in-the-money*. Det vil i dette tilfellet være lite hensiktsmessig å benytte seg av fleksibiliteten. Dersom nåverdien til en investering er *out-of-the-money* kan eiendelen dra nytte av fleksibiliteten og usikkerheten ledelsen oppnår, og har muligheten til å utføre en handling for å få best utslag (Copeland & Antikarov, 2003, s. 12; Dixit & Pindyck, 1994, s. 13). Implementering av volatiliteten vil øke verdien på kjøpsopsjonen som er *in-the-money*, og reduseres i *out-of-the-money* tilfeller (Wiggins, 1987, s. 361).

Nåverdimetoden undervurderer alle investeringer den verdsetter, på grunn av at verdien av fleksibilitet alltid vil være positiv. Dette vil bidra til en høyere verdi på eiendelen, gjennom anvendelse av realopsjonsanalyse framfor den tradisjonelle nåverdi-tilnærmingen. Verdien av fleksibiliteten avhenger imidlertid av ledelsesmessige forhold, i form av hvor godt den blir utnyttet for å øke verdien av eiendelen (Copeland & Antikarov, 2003, s. 13). Lambrecht (2017, s. 168) poengterer at innehaveren bør stille seg kritisk til verdsettelse ved bruk av realopsjoner, da verdsettelsen kan bidra til overprising, og dermed mislede innehaveren.

3.2 Realopsjon

I dette kapittelet vil det bli fremvist en introduksjon til realopsjoner, og forutsetninger rundt bruken av realopsjoner. Realopsjoner er mer kompleks enn nåverdimetoden i den forstand at den bygger på en dynamisk modell, som legger til rette for inkludering av fleksibilitetsverdien (Lambrecht, 2017, s. 168). Det vil bli gjort en gjennomgang av historien bak realopsjonsbegrepet, sammenhengen til finansielle opsjoner, og variabler som inngår i realopsjonsanalysen.

3.2.1 Introduksjon til realopsjonsteori

Akademisk litteratur rundt begrepet “realopsjon” har de siste tre tiårene vokst enormt, men det er ikke like godt anvendt i praksis som det er i litteraturen. Realopsjon er et verktøy for å redusere usikkerhet og finne muligheter. Disse mulighetene er en rettighet, men ikke en forpliktelse, til å kunne implementere tiltak i fremtiden (Johansen et al., 2019; Lambrecht, 2017, s. 166). Realopsjonsregelen tilsier at det er mest lønnsomt å investere i dag, dersom nåverdien er høy nok til å kunne kompensere for å gi opp merverdien opsjonen tilfører investeringen (Carlsson & Fullér, 2003, s. 297). Realopsjonsteorien kommer av verdiskaping og beslutningstaking i en verden med mye usikkerhet. Realopsjon vil dra nytte av usikkerheten, og gjør det mulig å identifisere og verdsette risikofylte investeringer (Ruffino, 2010, s. 1). Usikkerheten har en mulighet til å øke verdien av en investering dersom fleksibiliteten er til stede, og dersom ressursene ikke er forpliktet til å være irreversible. En realopsjon vil kunne gi innehaveren et bredere syn på en uforutsett situasjon. Dette skyldes innsikt i muligheter som ikke blir gjort rede for (Johansen et al., 2019). Verdien på en realopsjon, vil ifølge Copeland & Antikarov (2003, s. 13-14) være størst dersom det er høy usikkerhet, og ledere har fleksibilitet til å svare på usikkerheten. Realopsjon vil være relevant å benytte i situasjoner hvor det er ønskelig å identifisere ulike investeringsveier, hvor ledelsen kan navigere usikkerheten til virksomheten (Mun, 2002, s. 24). To viktige drivere ved å benytte realopsjon er risiko og fleksibilitet (Čulík, 2016, s. 10). Hovedfordelen av å benytte en realopsjon, er ifølge Brach (2003, s. 1) integrasjonen av ledelsesmessig fleksibilitet i verdsettelsesprosessen. Realopsjon vil redusere usikkerheten i en investering (Kjærland, 2007, s. 5907).

En svakhet av å anvende seg av den dynamiske realopsjonsmodellen, er at den er avhengig av en rekke forutsetninger. Lambrecht (2017, s. 168) påpeker at realopsjonsmodellen kan misvise innehaveren. Dette kommer av at modellen bygger på forutsetningene som må være oppfylt eller til stede. Som nevnt i kapittel 3.1.1.2, blir det argumentert for at realopsjonsanalysen bidrar til en større verdi til en investering, enn ved å kun benytte seg av nåverdimetoden. Verdsettelsen kan gi

overprisede og misvisende resultater, hvor Lambrecht (2017, s. 168) henviser til virkelige scenarier der selskaper har blitt feilinformert. Usikkerhet knyttet til realopsjons-konseptet oppstår når de teoretiske antagelsene i realopsjonsverdsettelse skal benyttes i praksis. Undersøkelser gjennomført av Graham og Harvey (2001, s. 197), og Block (2007, s. 255) viser at en svært liten andel av selskapene i undersøkelsene anvender realopsjoner, fremfor nåverdimetoden.

Historien bak realopsjonsteori

Begrepet “realopsjon” oppstod i 1977, og skapte store interesser og forventninger til anvendelse blant forskere. Det var en stor forventning om at realopsjon kom til å erstatte den tradisjonelle diskonterte kontantstrømmen i verdsettelse av en investering (Adetunji & Owolabi, 2016, s. 104). Myers (1977, s. 6) dannet grunnlaget for begrepet “realopsjon”, hvor det blir referert til opsjoner i fremtidige investeringsmuligheter. En investeringsmulighet kan være å utvide, forsinke, suspendere, bytte eller inngå en kontrakt, eller forlate en investering (Lambrecht, 2017, s. 166). Rundt samme tid, introduserte Fischer Black og Myron Scholes en ny tilnærming innen opsjonsteorien, nemlig Black-Scholes-Modellen (Black & Scholes, 1973). Binomisk prisingsmodell ble også introdusert på dette tidspunktet av Cox, Ross og Rubinstein (1979). Hovedformålet var å lage en tilnærming som ikke benyttet avanserte matematiske løsninger, slik som Black-Scholes-Modellen, som kan ha en tendens til å skjule den underliggende økonomien. Cox et al. (1979, s. 230) presenterte en enkel prisformel for verdsettelse av opsjoner. Black-Scholes-Modellen er en differensiallikning som løser ukjente funksjoner med spesifiserte randbetingelser, slik som verdien på en opsjon. Modellen viser en endring i opsjonsverdien med hensyn til endret variabler i markedet (Copeland & Antikarov, 2003, s. 67). Realopsjonstilnærmingen er en videreføring av Black-Scholes-Modellen utviklet for realinvesteringer (Johansen et al., 2019). Binomisk prisingsmodell utvikler mulige utfall for den underliggende i opsjonens levetid. Den mest optimale løsningen kan oppnås ved å optimalisere fremtidige bevegelser i tidsperioden (Kodukula & Papudesu, 2006, s. 70). Det å kunne identifisere og bruke realopsjoner vil kunne gi en oversikt over fleksibiliteten og usikkerheten knyttet til en investering (Trigeorgis, 1996, s. 199). I tilfeller der det oppstår usikkerhet knyttet til verdien av eiendelen, tillater opsjonen beslutningstakeren å samle inn ytterligere informasjon, og eventuelt benytte seg av opsjonen om det er fordelaktig (Li et al., 2013, s. 17).

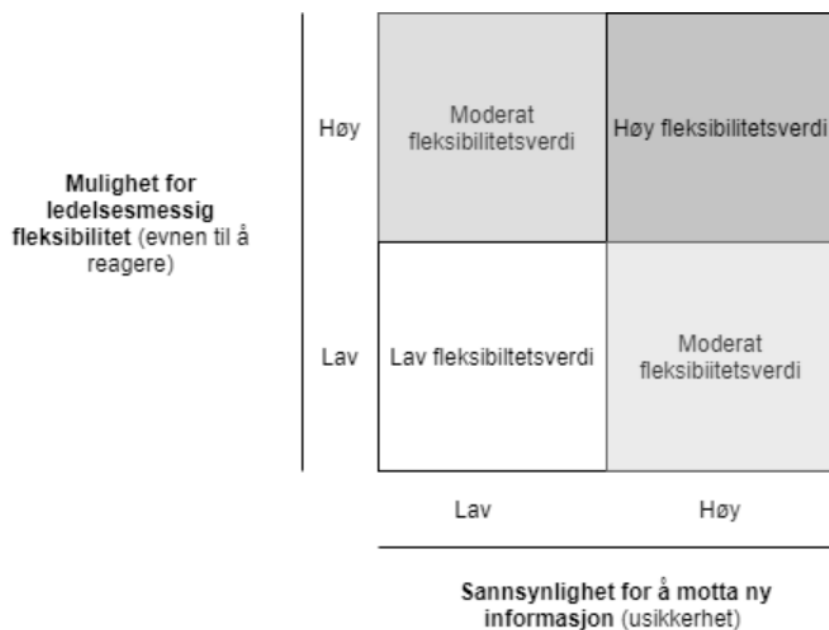
3.2.2 Drivere for fleksibilitet

Fleksibilitet som opsjonen tilfører eiendelen, er relatert til rettigheten, men ikke forpliktelsen til å gjennomføre tiltak i fremtiden (Amram & Kulatilaka, 1999, s. 25). Ledere blir som oftest møtt med

beslutninger som krever at fleksibiliteten blir verdsatt. Flexibiliteter er i mange tilfeller forutsigbare, men har en viss usikkerhet knyttet til det (Amram & Kulatilaka, 1999, s. 183). Under realopsjonsanalyser kan risiko og usikkerhet om lønnsomheten i fremtiden kreve at forpliktelsen til eiendelen må utsettes. Dette av at fleksibiliteten har en monetær verdi, og gir muligheter i situasjoner med høy usikkerhet (Johansen et al., 2019).

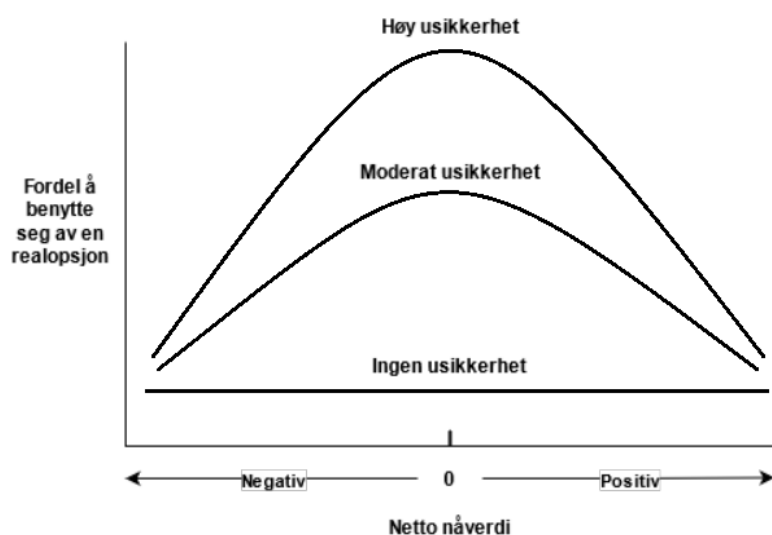
Flexibilitet kan oppnås av ulike tiltak som kan påvirke avkastningen til eiendelen i positiv retning (Amram & Kulatilaka, 1999, s. 25). Riktig anvendelse og identifisering av realopsjon kan føre til økt fleksibilitet ved å kunne utsette, investere eller forlate investeringen. Dette kan gi investeringen økt verdi og redusert risiko (Dixit & Pindyck, 1994, s. 28). I tilfeller der det er mindre tid og økte kostnader knyttet til å utsette investeringen, vil irreversibilitet ha mindre påvirkning på investeringsbeslutningen (Dixit & Pindyck, 1994, s. 28). En fordel av å utsette en investering, kan komme av at analysene som blir gjennomført viser et gunstigere tidspunkt enn hva som opprinnelig ble planlagt (Copeland & Antikarov, 2003, s. 15; Trigeorgis, 1996, s. 2). Utsettelse av en underliggende eiendel kan være gunstig for å finne den mest verdifulle verdien på investeringen ved gitte markedsforhold (Trigeorgis, 1996, s. 2). Det å ekspandere den underliggende eiendelen legger til rette for at eiendelen kan utvides for å oppnå mer avkastning i fremtiden, mot en kostnad. Det kan være hensiktsmessig om avkastningen generert av eiendelen går bedre enn forventet på grunn av gunstige markedsforhold (Copeland & Antikarov, 2003, s. 137; Trigeorgis, 1996, s. 11). Nedskalering av eiendelen gir rettigheten til å selge en del av eiendelen. Dette kan være gunstig i tilfeller der markedsforholdene begrenser avkastningen på eiendelen. I dette tilfellet poengterer Copeland og Antikarov (2003, s. 13), og Trigeorgis (1996, s. 11) at det kan være hensiktsmessig å skalere ned eiendelen.

Graden av usikkerhet, og mulighetene for ledelsesmessig fleksibilitet er drivere for fleksibilitetsverdien. Flexibilitetsverdien er høyest i de tilfeller hvor sannsynligheten for ny markedsinformasjon er stor, og det ligger til rette for å utnytte dette gjennom ledelsesmessig fleksibilitet (Koller et al., 2010, s. 683).



Figur 1: I hvilke tilfeller er fleksibilitet verdifull? (Oversatt) (Copeland & Antikarov, 2003, s. 14; Koller et al., 2010, s. 683).

Ifølge Kodukula og Papudesu (2006, s. 59), og Koller et al. (2010, s. 684) vil inkludering av fleksibilitet i verdsettelsen av eiendelen være mest gunstig i tilfeller der netto nåverdien av eiendelen ligger nær 0. En netto nåverdi nær 0, tilsier at det er stor usikkerhet vedrørende eiendelens lønnsomhet.



Figur 2: Når vil det være gunstig å benytte seg av en realopsjon på en eiendel, sett i forhold til NPV (Oversatt) (Kodukula & Papudesu, 2006, s. 59).

Det vil være hensiktsmessig å benytte en realopsjonstilnærming dersom det er økende fleksibilitets- og usikkerhetsnivå (Lucius, 2001, s. 79). Figur 1 og 2 viser at realopsjonstilnærmingen vil oppfatte, og dra nytte av fleksibilitet og risiko tilknyttet eiendelen i en verdsetting. Høy usikkerhet vil gjøre verdien av fleksibilitet markant, og det vil være lønnsomt å anvende seg av en realopsjonstilnærming (Kodukula & Papudesi, 2006, s. 58-59).

3.2.3 Påvirkningsfaktorer på realopsjonsverdien

Det er fem variabler ifølge Copeland og Antikarov (2003, s. 7), som er drivere for realopsjonsverdien. De fem variablene som har en stor påvirkning på den underliggende er: verdien, investeringsbeløpet, levetid, volatiliteten og risikofri rente.

Verdien på den underliggende ved bruk av realopsjoner kan være et prosjekt, en investering eller et oppkjøp. Dersom verdien på den underliggende får en økning, vil verdien på realopsjonen få en økning (Copeland & Antikarov, 2003, s. 6). Et prosjekt kan være alt fra en eiendomsinvestering til et anleggsprosjekt. Boute et al. (2004, s. 1715) benytter realopsjoner for verdsetting av prosjektledelse. Dette er fordi beslutningsstrukturen i opsjonsteorien vurderer planlegging. Dette ved at det kan være usikkerhet knyttet til eiendelens ressurser, starttidspunkt, tidsperioden, eller andre kilder til usikkerhet som kan oppstå rundt planlegging av en investering. Planlegging rundt et usikkert prosjekt vil gi ledelsen en mulighet til å vente på fremtidig informasjon for å se om prosjektet når opp til den nye informasjonen. Dette er noe tradisjonelle verdsettelsesmetoder ikke legger til rette for, og vil kunne gi misvisende resultater (Boute et al., 2004, s. 1715).

Investeringsbeløpet for den underliggende vil si hvor mye penger som har blitt investert for å innløse opsjonen som enten blir kjøpt (call), eller mengden penger som blir solgt (put). Dersom investeringsbeløpet på opsjonen øker, vil verdien på kjøpsopsjonen reduseres, mens salgsopsjonen vil øke (Copeland & Antikarov, 2003, s. 6). Verdien på den underliggende og investeringsbeløpet blir sammenlignet ved forfallstidspunkt (Pringles et al., 2015, s. 218). Den mest optimale investeringsstrategien, er ifølge Pringles et al. (2015, s. 218) å benytte kjøpsopsjoner dersom verdien på den underliggende er større enn verdien for å investere. I dette tilfellet vil opsjonene være *in-the-money*, og dersom den underliggende er mindre enn investeringsbeløpet vil opsjonen ikke bli innløst. Dersom opsjonen er europeisk kan innehaveren kun innløse opsjonen på en forhåndsbestemt utløpsdato, mens amerikanske opsjoner kan innehaveren innløse opsjonen når som helst frem til utløpsdatoen (Chockalingam & Muthuraman, 2011, s. 793). Tidsverdien eieren av opsjonen oppnår

ved å benytte en amerikansk opsjon fremfor en europeisk opsjon, er ikke nødvendigvis markant. I disse tilfeller er det ikke optimalt å investere på et tidligere tidspunkt, slik det er mulig gjennom en amerikansk opsjon (Damodaran, 2002, s. 91). Pena et al. (1997, s. 5) benytter markedsindeksen IBEX-35 som benchmark for beregning av investeringsbeløpet. På den andre siden benytter Lynch og Shockley (2016, s. 121) markedsverdien på medisinen som skal utvikles for å beregne investeringsbeløpet.

Opsjonens levetid innebærer at dersom tiden til forfall øker, vil også verdien på opsjonen øke (Copeland & Antikarov, 2003, s. 6). Tiden til forfall baserer seg på forventet tid til å utvikle eiendelen (Browman & Moskowitz, 2001, s. 774). Opsjonens levetid påvirker opsjonsprisen, ved at eier av opsjonen har mulighet til å få tilgang til ny informasjon fra det fremtidige markedet, som kan påvirke eiendelsverdien (Damodaran, 2008, s. 60; Van Putten & MacMillan, 2004). I forhold til eiendomsprosjekter, begrunnes levetidens påvirkning på opsjonsprisen av at politiske forhold kan endres underveis i opsjonens tidshorisont. Det er ofte knyttet reguleringer som må ligge til rette før investeringen kan igangsettes (Miles et al., 2007, sitert i Cheng et al., 2021, s. 106).

Volatiliteten tilknyttet eiendelens avkastning viser til at verdien på den underliggende eiendelen vil øke med risikoen. Trade-off verdien av opsjonen på eiendelen er avhengig av volatilitetsnivået (Copeland & Antikarov, 2003, s. 6). Usikkerhet er en driver for verdien på eiendelen, og vil øke over tid (Mun, 2002, s. 100). Verdien på fleksibilitet er relatert til graden av usikkerhet. Dersom usikkerheten er høy, vil det være muligheter for innehaverne å få tilgang til ny informasjon. Dersom usikkerhet ikke er til stede, vil innehaverne ikke ha muligheten til å motta ny informasjon om fremtidige valg, og bruk av realopsjon vil ikke være nødvendig (Koller et al., 2010, s. 683). Pris og kostnader er faktorer som kan knyttes til usikkerheten til den underliggende eiendelen, ved at faktorene kan svinge i større grad. Studien gjort av Longstaff (1995, s. 1092) referer til at investeringsbeløpet er relatert til svingningene i volatilitetsestimatet. Volatilitetsestimatet kan være relatert til transaksjons- og handelskostnader, og hvor flytende markedet er.

Risikofri rente viser renten gjennom opsjonens løpetid (Copeland & Antikarov, 2003, s. 6; Lee, 2011, s. 4448). En økning i den risikofrie renten, vil øke verdien på opsjonen. Opsjonsprisen øker dersom investeringen blir utsatt, på grunn av at investeringsbeløpet vil oppnå forrentning (Copeland & Antikarov, 2003, s. 6-7). Det finnes ulike tilnærminger for beregning av risikofri rente. Hvilken rente som benyttes avhenger av situasjon og kredittrisiko (Hull, 2018, s. 99). Et utgangspunkt for risikofri rente er renten på en statsobligasjon. Ifølge Fabozzi et al. (2007, s. 135) er renten på

statsobligasjoner godt egnet for å verdsette kontantstrømmer. Hull (2018, s. 101) poengterer at renten på statsobligasjoner ikke er fullstendig risikofri, men det er den observerbare renten som ligger nærmest risikofri. I en undersøkelse fra 2019 gjennomført av PwC, viser størst andel av besvarelsene at renten på 10 års statsobligasjon benyttes som risikofri rente. I Norge er det lovpålagt med kupongutbetalinger for statsobligasjoner, noe som kan gjøre estimatet av renten mer uriktig. Fabozzi et al. (2007, s. 122) forutsetter at alle kupongutbetalinger blir reinvestert tilbake i statsobligasjonen. Cassimon et al. (2004, s. 46) og Lee (2011, s. 4448) tar utgangspunkt i en 10 års statsobligasjon som grunnlag for den risikofrie renten i beregningen av realopsjonsverdien.

3.2.4 Realopsjoner sett opp mot finansielle opsjoner

Realopsjonsvurdering blir ofte ansett for å være analogt med verdsettelse rundt finansielle opsjoner (Haahtela, 2012 s. 169; Lucius, 2001, s. 73). Realopsjoner baserer seg på samme prinsipper som finansielle opsjoner (Carlsson & Fuller, 2003, s. 298). Hovedforskjellen mellom disse opsjonene er at realopsjonene er relatert til virkelige eiendeler, slik som for eksempel et eiendomsbygg. Finansielle opsjoner har en større tilknytning til aksjer, valuta, obligasjoner, verdipapirer og andre finansielle instrumenter (Johansen et al., 2019; Tas & Ersen, 2012, s. 180). Ifølge Copeland og Antikarov (2003, s. 110-111) fremkommer det at den underliggende for en realopsjon er knyttet til en materiell eiendel, slik som et prosjekt eller en investering, mens finansielle opsjoner er verdipapir knyttet til en andel av en obligasjon eller aksje. Begge opsjonstypene har en rett, men ikke en forpliktelse til å utføre en handling (Trigeorgis, 1996, s. 124).

Pris, volatilitet og avkastning er tre variabler ifølge Copeland og Antikarov (2003, s. 111) som skiller realopsjoner og finansielle opsjoner fra hverandre. Finansielle opsjoner er skrevet på omsatte verdipapirer, noe som vil gjør det lettere å estimere parameterne. Prisen på den underliggende er i de fleste tilfeller observerbar, og avkastningen kan beregnes fra historisk data eller opsjoner knyttet til det samme underliggende. Når det kommer til realopsjon er den underliggende risikofylte eiendelen som oftest ikke en omsatt eiendel. Derfor antar Copeland og Antikarov (2003, s. 111) at markedsverdien blir estimert gjennom tradisjonelle nåverdi-teknikker. Usikkerheten knyttet til den underliggende er vanskelig å estimere. Copeland og Antikarov (2003, s. 111) benytter simuleringsteknikker for å finne usikkerheten knyttet til den underliggende. Estimering og vurdering av volatiliteten blir diskutert nærmere i kapittel 3.4.3.

I finansielle opsjoner har ikke eieren av en opsjon kontroll over aksjeprisen, mens ved en realopsjon har ledelsen muligheten til å påvirke eiendelsverdien. Ledelsesmessige beslutninger som øker nåverdien av eiendelen, kan gjøre det ugunstig å utsette en investering (Copeland & Antikarov, 2003, s. 111). Tabell 3 viser en oversikt over hva som skiller de to opsjonstypene fra hverandre.

Tabell 3: Sammenligning av finansielle opsjoner og realopsjon (Oversatt) (Mun, 2002, s. 100).

Finansiell opsjon	Realopsjon
Kort tid til innløsning, som regel månedsbasert	Lang tid til innløsning, som regel årsbasert
Underliggende driver for verdi er prisen, som regel aksjekurs	Underliggende aktivum er som regel neddiskonterte fremtidige kontantstrømmer
Ingen mulighet for å påvirke verdi av opsjon ved å endre aksjekurs	Muligheter for å påvirke opsjonsverdien, i form av ledelsens beslutninger og fleksibilitet
Opsjonsverdiene er som regel små	Potensielt store opsjonsverdier, ved store beslutninger
Markeds- eller konkurranseeffekter har ingen innvirkning på verdien av opsjonen	Markeds- og konkurranseforhold er drivere for verdien av en realopsjon
Har vært en del av markedet i flere tiår	Relativ ny tilnærming
Omsettes i markedet, med utallige substitutter	Ikke omsatt i markedet, med svært få substitutter
Ledelse har ingen påvirkning på opsjonsverdien	Ledelsens handlinger og påvirkning har direkte påvirkningskraft på verdien av opsjonen

3.3 Forutsetninger for vurdering av realopsjon

Som tidligere nevnt, bygger realopsjonsverdsettelse på en rekke forutsetninger som må være til stede og tilfredsstillt. Forutsetningene som blir gjort rede for i dette kapitlet, kommer i tillegg til forutsetningene om at alle variabler i modellen må være til stede. Market asset disclaimer, risikonøytral sannsynlighet og geometrisk Brownsk bevegelse er forutsetninger som blir sett nærmere på i dette kapitlet.

3.3.1 Market asset disclaimer

I motsetning til aksjer som omsettes på markedet til en gitt observerbar pris, har eiendeler med tilhørende kontantstrøm som genereres, ikke samme observerbare verdi (Copeland & Antikarov, 2003, s. 94). I verdsettelse av realopsjoner, blir forutsetningen om Market asset disclaimer anvendt for å få en observerbar og gjeldende verdi av eiendelen. Market asset disclaimer viser at nåverdien av eiendelen er det mest objektive estimatet av markedsverdien. I dette tilfellet blir nåverdien uten fleksibilitet behandlet på samme måte som aksjekursen i verdsettelse av finansielle opsjoner (Brandao et al., 2005, s. 72-74; Copeland & Antikarov, 2003, s. 94). Copeland og Antikarov (2003, s. 94) anbefaler å benytte nåverdien til den underliggende som twin security (Boute et al., 2004, s. 1718). Dette for å kunne verdsette realopsjoner, da det ikke finnes en korrelert eiendel som blir omsatt i markedet (Wang & Halal, 2010, s. 17). Brandão og Dyer (2005, s. 38) påpeker at Market asset disclaimer kan gi feilinformasjon i verdsettelsen, ved at den fysiske eiendelen ikke kan sammenlignes med observasjoner fra markedet. Guthrie (2009, s. 28) poengterer at det er essensielt å innhente så mye informasjon fra markedet som mulig for å oppnå en valid og reliabel markedsverdi. Market asset disclaimer har som forutsetning at markedet er perfekt, og eiendelen innehar en risikonøytral sannsynlighet som gjør det mulig å anvende risikofri rente (Brandão & Dyer, 2005, s. 31).

3.3.2 Risikonøytral sannsynlighet

Risikonøytral sannsynlighet og markedsreplikerende porteføljer er to tilnærminger som kan benyttes for å beregne realopsjonsverdier gjennom en binomisk modell (Kodukula & Papudesu, 2006, s. 72). En forutsetning som ligger til stede for utregning av en realopsjon, er at prisen på den underliggende eiendelen, er priset for å unngå arbitrasjemuligheter (Dixit & Pindyck, 1994, s. 151). Guthrie (2009, s. 28) refererer til at realopsjonstilnærmingen tar for seg en antagelse om at den underliggende eiendelen er priset på en måte hvor arbitrasje ikke eksisterer. Prinsippet bak antagelsen er loven om en pris, hvor prisene på to porteføljer vil generere identiske kontantstrømmer for fremtiden. De to porteføljene må alltid være like for at det ikke oppstår arbitrasjemuligheter for investor (Bøhren et al., 2017, s. 494; Guthrie, 2009, s. 28).

Risikonøytral sannsynlighet er en ingen-arbitrasje-tilnærming som kompenserer for risiko. De risikonøytrale sannsynlighetene justeres for å estimere fremtidige kontantstrømmer (Guthrie, 2011 s. 12; Rubinstein, 1998, s. 2). Guthrie (2009, s. 29) referer til en antagelse om at alle investorer i dag er risikonøytrale, hvor den underliggende kan øke eller reduseres med den risikonøytrale sannsynligheten. Risikonøytrale investorer vil være likegyldige i om kontantstrømmen som mottas er

risikofri eller risikabel (Guthrie, 2009, s. 29). Risikoen knyttet til opsjonsverdien er allerede tatt hensyn til i verdiutviklingen til den underliggende. En risikonøytral investor vil ikke bry seg om usikkerheten er målt i standardavvik, men kun forventet avkastning (Bøhren et al., 2017, s. 50).

Risikonøytral sannsynlighet vil gi muligheten til å risikojustere kontantstrømmer nøytralt gjennom gitteret på den binomiske modellen. Kontantstrømmene vil deretter bli diskontert til en risikofri rente. Uavhengig av hva som skal verdsettes vil den underliggende ha samme egenskaper (Kodukula & Papudesu, 2006, s. 72). Det fremkommer i Kodukula og Papudesu (2006, s. 72) at tilnærmingen om risikonøytral sannsynlighet og markedsreplikerende portefølje bygger på samme forutsetninger. Komponentene i tilnærmingene er til en viss grad ulike, men vil generere samme resultat (Kodukula & Papudesu, 2006, s. 72).

3.3.3 Geometrisk Brownsk bevegelse

Browsk bevegelse eller “random walk” baserer seg på tilfeldige utfall av den underliggende variabelen, uten at utfallet korrelerer med tidligere utfall (De Meyer & Saley, 2003, s. 286; Wiggins, 1987, s. 360). Wiener prosessen blir referert som en Brownsk bevegelse (Hull, 2018, s. 326). Brownsk bevegelse kan generere negative utfall (Sigman, 2006, s. 1). Mens geometrisk Brownsk bevegelse forutsetter at verdiene i de kommende periodene, utelukkende er stigende (Copeland & Antikarov, 2003, s. 260). En videreføring av Brownsk bevegelse, er *Ornstein Uhlenbeck process*. *Ornstein Uhlenbeck process* viderefører konseptet i Brownsk bevegelse, der de tilfeldige observasjonene strekker seg over en gitt tidsperiode (Gillespie, 1996, s. 2084). Det vil ifølge Schöbel og Zhu (1999) være foretrukket å benytte seg av *Ornstein Uhlenbeck process*, i tilfeller der bevegelsene til stokastisk volatilitet skal beregnes. Dixit og Pindyck (1994, s. 63) presiserer at Brownsk og geometrisk Brownsk bevegelse består av tre essensielle egenskaper; utfallene av de fremtidige verdiene baserer seg kun på den foregående verdien (Markov prosess), sannsynlighetsfordelingen over prosessens endringer over et gitt tidsintervall er upåvirket av andre tidsintervaller, og endringene i prosessen i et gitt tidsintervall er normalfordelt. Hull (2018, s. 326) og Trigeorgis (2018, s. 230) uttrykker at det vil være mest hensiktsmessig å benytte Brownsk bevegelse i korte tidsperioder. Geometrisk Brownsk bevegelse gir fordeler av at den gir normalfordelte resultater uten skjevhet og kurtosis (Dixit & Pindyck, 1994, s. 64).

3.4 Volatilitet

I dette kapittelet vil det bli gjort rede for volatilitetsbegrepet, utfordringer tilknyttet variabelen og ulike måter å estimere volatilitetsnivået. Til slutt blir det gjort rede for hvordan akademisk litteratur stiller seg til anvendelse av konstant og stokastisk volatilitet i en realopsjonstilnærming. Volatilitet er en variabel som betegner usikkerheten og variasjonen knyttet til den underliggende (Kodukula & Papudesu, 2006, s.68). Variabelen blir ikke observert i markedet og må bli estimert gjennom andre metoder (Amran & Kulatilaka, 1999, s. 100). På bakgrunn av dette fører inkludering av volatilitet i verdsettelsen til økt kompleksitet.

3.4.1 Hva er volatilitet

Volatilitet måler usikkerheten til den fremtidige verdien på den underliggende eiendelen (Hull, 2012, s. 303; Iqbal, 2018, s. 1). Kjøperen av en opsjon har som forutsetning å oppnå profitt når volatiliteten stiger, på samme måte som at en selger av en opsjon vil gjøre det motsatte (Iqbal, 2018, s. 1; Ritchken, 1996, s. 94-95). Volatilitet vil være en grunnleggende parameter i opsjonsverdsettelse (Godinho, 2006, s. 15; Zhang et al., 2020, s. 1). Volatilitet er ifølge Kjærland (2007, s. 5908) direkte koblet til utviklingsprosessen for å modellere den underliggende eiendelen, og er positivt korrelert med verdien på opsjonen. Koller et al. (2010, s. 685) referer til at avkastningen og volatiliteten påvirker verdien på opsjonen og eiendelen. Det vil derfor være viktig å vurdere alle effektene som påvirker verdien på opsjonen, både direkte og indirekte. Dersom det blir satt et større volatilitetsnivå på den fremtidige kontantstrømmen uten å endre nåverdien og forventningene, kan dette resultere i lavere forventet kontantstrømmer eller kapitalkostnad for selskapet. Utfallet av økt volatilitet kan resultere i negativ verdi på opsjonen, da verdien til den underliggende synker (Koller et al., 2010, s. 685).

3.4.2 Utfordringer rundt estimering av volatilitet

Estimering av volatilitetsnivået til den underliggende er et problem mange praktikere står overfor i en realopsjonsverdsettelse (Godinho, 2006, s. 1). En utfordring med realopsjoner, er at den underliggende ikke alltid er traktabel med en kjent prosess. Volatilitetsnivået vil derfor ikke være det samme i tidsperioden (Haahtela, 2010, s. 2). Volatilitet er en uobserverbar verdi, som kun kan estimeres eller prognostiseres ut ifra en forutsatt statistisk modell. Svakheter med en statistisk modell, er at volatilitetsnivået kun vil basere seg på den forutsatte modellen og tidsperioden. Det endelige nivået av volatilitet i markedet vil aldri kunne bli målt, da det ikke blir omsatt. Det bør nevnes at

volatilitet ikke gir en total beskrivelse av all risiko knyttet til den eventuelle investeringen (Alexander, 2011, s. 93-94).

Ifølge Godinho (2006, s. 1) kreves det at det blir benyttet prosjektvolatilitet når modeller for realopsjoner blir vurdert. Dette er vanskelig å estimere nøyaktig ved at det som oftest ikke er noe historisk data knyttet til den underliggende. Mange tilnærminger rundt estimering av volatilitet har ifølge Godinho (2006, s. 26-27) viktige svakheter. Disse svakhetene kan resultere i skjevheter rundt estimering av volatiliteten. Disse skjevhetene kan føre til overvurdering av investeringen (Godinho, 2006, s. 26-27).

I tilfeller ved realopsjoner, er det ofte slik at den underliggende eiendelen ikke blir omsatt i markedet, som gjør det nødvendig å danne seg et annet grunnlag for å beregne volatiliteten. Dette grunnlaget kan beregnes gjennom Monte Carlo-simulering av eiendelens verdi, en annen omsatt eiendel, eller en syntetisk portefølje bestående av eiendeler (Copeland & Antikarov, 2003, s. 43). Ifølge Copeland og Antikarov (2003, s. 43) er beregning av volatilitetsnivået en av de største utfordringene i realopsjonsanalyser.

3.4.3 Estimering av volatilitet

Det er mange ulike tilnærminger for beregning av volatilitetsnivået (Wiggins, 1987, 352). Wiggins (1987, s. 352) hevder at de eksisterende opsjonsvurderingsmodellene, ikke opprettholder empiriske regelmessigheter med hensyn til volatiliteten. Volatilitetsvariabelen har blitt vurdert av et antall forskere, slik som Geske (1979), Hull og White (1987), og Wiggins (1987). I nyere tid har blant annet forskere som Chockalingam og Muthuraman (2011), Medvedev og Scaillet (2010), og Zhang et al. (2020) vurdert volatilitet opp mot opsjoner. Opsjonsprising med et stokastisk volatilitetsnivå, ble først nevnt i litteraturen av Hull og White (1987) (Peña et al., 1999, s. 1152).

Det er mange ulike prosesser for beregning av stokastisk volatilitet (Schöbel & Zhu, 1998, s. 1). Hull og White (1987) benyttet en *Taylor Expansion technique* for å løse problemet med stokastisk volatilitet (Schöbel & Zhu, 1998, s. 1). Hovedfokuset var å løse situasjoner hvor aksjekursen ikke var direkte korrelert med volatiliteten. Korrelasjonen mellom prosentvis endring i volatilitet kan tilpasses til forbruket (Hull & White, 1987, s. 281). Wiggins (1987) benyttet en *Ornstein Uhlenbeck process* for å beregne opsjonsprisen med stokastisk volatilitet. Denne metoden tar for seg at volatiliteten følger en kontinuerlig prosess. Prosessen vil muliggjøre en ufullkommen korrelasjon mellom

volatiliteten og vil bevege seg mot en snittverdi. Dette vil gjøre det lettere for å undersøke i hvilken grad eksisterende formler kan anvendes i flere sammenhenger opp mot avkastningen til den underliggende (Wiggins, 1987, s. 352). *Taylor Expansion technique* og *Ornstein Uhlenbeck process* er kjente fremgangsmåter for beregning av volatilitetsnivået. I tillegg til de ovennevnte fremgangsmåtene er det også mulig å beregne volatilitetsnivået gjennom andre metoder, dette vil bli presentert i kapittel 3.4.4.

3.4.3.1 *Konstant vs. stokastisk volatilitet*

I litteraturen fremkommer det i stor grad en forutsetning om konstant volatilitetsnivå i en realopsjonsverdsettelse (Chockalingam & Muthuraman, 2011, s. 793). Estimering av stokastisk volatilitetsnivå har en avgjørende faktor for eiendelens avkastning. Det har blitt foreslått et antall spesifikasjoner for estimering av stokastisk volatilitet (Schöbel, & Zhu, 1998, s. 1). Geske (1979, s. 64) undersøker tilfeller der volatiliteten til verdien av selskapet holdes konstant. Noe som kan skyldes at volatiliteten til eiendelen endres på en systematisk måte når aksjekursen varierer. Chockalingam og Muthuraman (2011, s. 793) beskriver at konstant volatilitet vil føre til feilprising. Det påpekes at dersom volatiliteten holdes konstant vil volatiliteten til den underliggende ikke fange markedsadferd.

Empiriske funn av Rubinstein (1994, s. 776) og Zhang et al. (2020, s. 1) viser at forutsetningen om konstant volatilitet ikke kan gjøres gjeldende i det virkelige markedet. Dette av at volatilitetsnivået endres over tid, på grunn av ny informasjon som bidrar til svingninger i markedet (Chockalingam & Muthuraman, 2011, s.793). Amran og Kulatilaka (1999, s. 101) erfarte at stokastisk volatilitet kan gi feil resultat på realopsjonsverdien. Det bør gjennomføres andre tiltak i verdsettingen for å kompensere for svingningene (Amran og Kulatilaka, 1999, s. 101). Mens Wiggins (1987, s. 368) poengterer at opsjoner i utgangspunktet bør benyttes for å sikre seg mot usikkerheten som kan medfølge stokastisk volatilitet. Zhang et al. (2020, s. 1) får et resultat som viser til at endringer i volatilitetsnivået kan gjøre utslag på eiendelsverdien, og fremme investeringsbeslutninger. Et stokastisk volatilitetsnivå vil imidlertid gi lavere, men like effektivt subsidieringsnivå sett opp mot konstant volatilitet (Zhang et al., 2020, s. 1).

3.4.4 Hvordan måle volatilitet

Det finnes ulike metoder for beregning av volatilitetsnivået. Volatilitet er ifølge McPhee (u.å) den viktigste variabelen i opsjonsprising. Litteratur viser til fem ulike metoder som kan benyttes for å estimere volatilitetsnivået i en verdsettelse av realopsjoner.

Historisk volatilitet for den underliggende eiendelen

Dersom prisen på en ressurs har stor påvirkning på den fremtidige kontantstrømmen, kan ressursens historiske volatilitetsnivå benyttes. Historisk data for den underliggende ressursen er ifølge Amran og Kulatilaka (1999, s. 100), den mest brukte metoden for estimering av volatilitetsnivået. En generell regel ved å ta i bruk historisk data, vil være å hente data fra samme tidshorisont som eiendelens levetid (Hull, 2012, s. 305). Kelly (1998, s. 696) brukte historiske gullpriser som volatilitetsestimater, for en gullgruve-investering. Kjærland (2007, s. 5903) brukte strømpriser for verdsettelse av vannkraft. Strømprisene ga mest relevant informasjon, da formålet var å verdsette en investeringsmulighet. Det samme gjelder Quigg (1993, s. 622) som utførte en empirisk vurdering av land, hvor volatilitetsnivået ble estimert ut fra individuelle næringsseidomspriser for å analysere muligheten til å utvikle landet.

Historisk volatilitet for den kompatible eiendelen

Når den underliggende eiendelen ikke er omsatt på markedet, kan volatiliteten på den kompatible eiendelen legges til grunn for å beregne eiendelens volatilitet (Han, 2007, s. 15). Insley og Rollin (2005, s. 743) brukte i tilfelle der det ikke var tilgang til markedspriser på tømmer, de historiske prisene tilhørende planke-materialer som var omsatt på markedet. Markedsprisene ble brukt for å finne optimalt investeringstidspunkt for et hogst-prosjekt.

Historisk volatilitet for selskapets aksjekurs

Dersom eiendelens volatilitetsnivå korrelerer perfekt med volatiliteten i aksjekursen til selskapet, kan denne metoden anvendes. Newton og Pearson (1994, s. 88) forutsatte at aksjekursen for et forsknings og utviklings-firma, stod i samsvar med den forventede nåverdien av selskapets prosjekt. Dette ble senere argumentert for av Herath og Park (1999, s. 15), som gikk ut ifra at et typisk FoU-selskap hadde høy korrelasjon mellom aksjekurs og nåverdi av et prosjekt. Copeland og Antikarov (2003, s. 43) viser til et eksempel fra Airbus, der ledelsen brukte selskapets aksjekurs for å beregne volatiliteten til et flyleveranse-prosjekt. Valget av å benytte selskapets aksjekurs, ble begrunnet med at markedsverdien til selskapet er lik summen av alle nåverdier av investeringer i selskapet.

Historisk volatilitet for industri-indeks

En annen metode er å benytte historisk data fra indeksen tilhørende industrien. Denne metoden blir ofte brukt i tilfeller der det er mangel på historisk data. Cassimon et al. (2004, s. 46) benyttet indeksen til farmasibransjens volatilitet for egenkapital, til utvikling av medisin. I andre tilfeller har forskere laget indekser dannet av flere selskaper innenfor samme bransje (Teisberg, 1994, s. 541).

Monte Carlo-simulering

Monte Carlo-simulering kan benyttes for å estimere volatiliteten til eiendelen. Dette gjennom eiendelens fremtidige kontantstrøm. Den fremtidige kontantstrømmen til eiendelen baserer seg på en neddiskontert kontantstrøm, og sannsynlige scenarier som kan gjenspeile potensiell usikkerhet. Historisk data eller forutsetninger knyttet til en eiendel, blir brukt til å estimere fordelingen av dataen i simuleringen (Han, 2007, s. 17). Studier som har benyttet Monte Carlo-simulering for å estimere volatilitetsnivået er blant annet Herath og Park (2002, s. 3), og Copeland og Antikarov (2003, s. 244). Zhang et al. (2020, s. 5) benytter også Monte Carlo-simulering for å simulere potensielle kontantstrømmer gjennom endring i de usikre variablene. Ifølge Godinho (2006, s. 1) kan Monte Carlo-simulering føre til økende skjevhet i volatilitetsestimatet. Grunnen er at simuleringen kan overvurdere volatiliteten til eiendelen (Godinho, 2006, s. 2).

Metode for volatilitetsestimatet avhenger av investeringen. Hvor hver enkelt metode har sine begrensninger. Han (2007, s. 17) trekker frem at Monte Carlo-simuleringen er den metoden som estimerer eiendelens volatilitet mest nøyaktig. Monte Carlo-simulering er ifølge Mun (2002, s. 102) den tilnærmingen som gjenspeiler virkelige utfall på best mulig måte, gjennom kontinuerlig simuleringer.

3.5 Binomisk prisingsmodell

Binomisk prisingsmodell viser potensielle verdier til den underliggende risikable eiendelen (Kodukula & Papudesu, 2006, s. 70). Det fremviser ingen beslutningsnoder, men viser den potensielle utviklingen av den underliggende eiendelen (Koller et al., 2010, s. 699). Den mest optimale løsningen, kan oppnås gjennom fremtidige bevegelser i ulike tidsperioder (Kodukula & Papudesu, 2006, s. 70). Prisingsmodellen er binomisk når den underliggende kun har to mulige utfall i kommende periode (Altham, 1978, s. 162). Dette er en motsetning til Black-Scholes-modellen, hvor den underliggende kan resultere i ytterligere verdier (Arriojas et al., 2007, s. 472). Det er mange fordeler ifølge Zhang et al. (2020, s. 4), av å benytte en binomisk prisingsmodell for å finne realopsjonsverdien. Modellen

legger til rette for å løse flere problemer innenfor realopsjonsverdsettelse. Dette kommer av at den er lett å estimere, og legger et godt grunnlag for endringer i variablene som inngår i verdsettelsen (Lambrecht, 2017, s. 167).

Det er to forskjellige tilnærminger i binomisk prisingsmodell som blir brukt for å beregne den arbitrasjefrie opsjonsverdien: risikonøytral sannsynlighet og markedsreplikerende portefølje (Kodukula & Papudesu, 2006, s. 72; Mun, 2002, s. 145). Bruk av risikonøytral sannsynlighet i binomisk prisingsmodell tar ikke hensyn til investorens preferanse til risiko. Forutsetningen vil gi en enklere estimering ved at risikopremien i diskonteringsrenten bortfaller (Cox et al., 1979, s. 235-236). For at det ikke skal oppstå arbitrasjemuligheter er det viktig at opsjonen og porteføljen har samme pris (Guthrie, 2009, s. 28). Bruk av markedsreplikerende portefølje og risikonøytral sannsynlighet ble drøftet i kapittel 3.3.2.

Det er ifølge Copeland og Tufano (2004, s. 3) fordelaktig å benytte seg av binomisk prisingsmodell, da den bygger på et algebraisk uttrykk. Komplekse matematiske ligninger som er forbundet med realopsjonsteori, slik som Black-Scholes-Merton modellen og binomisk tre, kommer av problemet som krever en optimal løsning på investeringsbeslutningen frem til forfallstidspunktet. Dette problemet kan bli løst gjennom en stokastisk prosess hvor verdien på den risikable eiendelen modelleres over tid i prosessen (Brandão et al., 2005, s. 70). Den binomiske prisingsmodellen er også gunstig i forhold til å se på virkningen av endringer i variablene som inngår i modellen. Dette bidrar til at kompleksiteten øker (Lambrecht, 2017, s. 167).

4 Metodisk tilnærming

I dette kapittelet vil vi gjennomgå den metodiske tilnærmingen som har blitt benyttet for å besvare vår problemstilling; *Hva får en praktiker igjen av relativ verdiøkning når kompleksiteten i verdianalysene går fra statistisk nåverdi til realopsjoner med stokastisk volatilitet*. Det vil bli gjort rede for valg av metoder og hvilke teknikker som blir benyttet gjennom studiet. Dette i form av hvordan vi samler inn, analyserer data og kvaliteten på valgene som har blitt tatt.

4.1 Forskningsstrategi

Det er vanlig å skille mellom to metodiske tilnærminger når en skal gjennomføre en forskningsprosess. De to metodiske tilnærmingene er kvantitativ og kvalitativ metode (Larsen, 2017, s. 25). Det som skiller de to tilnærmingene fra hverandre er at kvantitativ metode innhenter numeriske talldata, mens kvalitativ metode innhenter tekstbasert data (Creswell, 2014, s. 4; Johannessen et al., 2010, s. 237; Larsen, 2017, s. 25; Ringdal, 2013, s. 24). Studien vår benytter en kvantitativ datainnsamlingsteknikk. Dette kommer av at vi benytter numerisk data testet opp mot rådata tilknyttet en eiendel.

4.1.1 Valg av forskningsdesign

Ifølge Gripsrud et al. (2016, s. 46) er forskningsdesign en overordnet plan for hvordan analyseprosessen legges opp for å besvare en problemstilling. En samlebetegnelse av forskningsdesign, blir av Frankfort-Nachmias et al. (2015, s. 82) betegnet som en logisk modell for å bevise noe. Creswell (2014, s. 12) påpeker at forskningsdesign har utviklet seg gjennom årene. Utviklingen har resultert i mer tilgjengelighet for forskeren, på grunn av forbedret teknologiske verktøy som legger til rette for avanserte løsninger. En forsker i forskningsprosessen kan benytte enten induksjon, deduksjon eller abduksjon, eller en sammensetning av disse (Kvale & Brinkmann, 2015, s. 225; Saunders et al., 2016, s. 145). Induksjon- og deduksjon-modellene egner seg best dersom forskeren allerede har kjennskap til fenomenene som skal studeres i forskningsprosessen (Kvale & Brinkmann, 2015, s. 225).

Deduktiv tilnærming tar utgangspunkt i teori, ved at forskeren allerede har gjort seg opp en mening gjennom undersøkt litteratur. Den allerede opparbeidede formeningen om forskningsobjektet blir deretter formulert til en hypotese eller et forskningsspørsmål. Hypotesene eller

forskningsspørsmålene blir testet gjennom observasjoner gjort av forskeren (Ang, 2014, s. 8; Saunders et al., 2016, s. 145). Induktiv tilnærming baserer seg på at forskeren gjør observasjoner, for så å undersøke likheter ved disse. Videre lager forskeren hypoteser som kan forklare likhetene ved observasjonene. Det dannes deretter teori rundt hvorfor observasjonene samvarierer (Ang, 2014, s. 8; Saunders et al., 2016, s. 145). Studiet vårt er ikke klart definert, men en deduktiv undersøkelsesdesign vil være mest hensiktsmessig å benytte i vårt tilfelle. Dette kommer av at vi allerede har gjennomgått eksisterende teori rundt problemstillingen og drøftet hva som vil være mest anvendelig til vårt formål.

En eksplorativ undersøkelse vil være hensiktsmessig å benytte i vår studie, i en kombinasjon med en deduktiv tilnærming. Formålet med en eksplorativ undersøkelse er å utforske ukjente eller mindre kjente fenomener eller forhold (Johannessen et al., 2010, s. 58). Chockalingram og Muthuraman (2011, s. 793) poengterer at volatilitetsnivået holdes konstant gjennom verdsettelse av en realopsjon. Som nevnt i kapittel 3.4.3.1 kommer det frem at konstant volatilitet ikke kan gjøres gjeldende i virkeligheten, hvor et stigende volatilitetsnivå vil gi en høyere opsjonsverdi. I studiens tilfelle vil det derfor ikke være nødvendig å undersøke om stokastisk volatilitet har påvirkning på realopsjonsverdien, men i hvilken grad det påvirkes av økt kompleksitet. Det vil derfor være hensiktsmessig å utforme forskningsspørsmål fremfor hypoteser i vårt tilfelle.

4.2 Innsamling av data

I dette kapittelet vil det bli gjort rede for hvordan vi samlet inn data til vårt analyseformål. Innsamling av data er informasjon om virkeligheten, dokumentasjoner, eller annen data, som vil være relevant for den gitte problemstillingen (Johannessen et al., 2010, s. 33; Larsen, 2017, s. 49). Fra den gitte problemstillingen, må forskeren samle inn relevant og pålitelig data (Johannessen et al., 2010, s. 33). Studien vil i hovedsak basere seg på sekundærdata i form av budsjetterte regnskapstall tilknyttet den underliggende eiendelen.

4.2.1 Sekundærdata

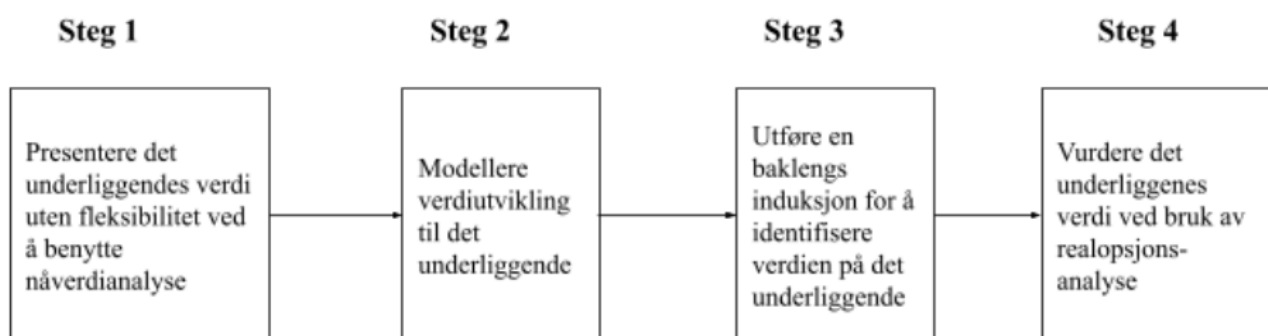
Datagrunnlaget for avhandlingen baserer seg på sekundærdata. Sekundærdata omhandler data som er innhentet av andre (Gripsrud, 2016, s. 68; Larsen, 2017, s. 49). En fordel av å bruke sekundærdata, er at det vil bli spart tid, da dataen allerede er innhentet. En ulempe er at sekundærdata ofte har blitt innhentet for et annet formål, noe som kan føre til lavere validitet (Gripsrud, 2016, s. 69). I vårt tilfelle

vil eiendelsberegningene nødvendigvis ikke føre til lavere validitet, ved at det er strenge regler og standarder knyttet til utarbeiding av et regnskap. Det som imidlertid kan føre til lavere validitet er at et budsjett kan inneholde misvisende informasjon for brukeren, et eksempel kan være subjektive antagelser som øker eiendelens verdi (Dewi et al., 2019, s. 1375-1376).

Vi har fått tilgang til rådata tilknyttet en underliggende eiendel fra en ekstern aktør. Rådataene baserer seg på et investeringsbeløp og avkastningen investeringen vil generere. Avkastningen blir vist gjennom en budsjetterte kontantstrøm. Den budsjetterte kontantstrømmen og investeringsbeløpet vil være utgangspunktet for videre analyse, og for å besvare problemstillingen.

4.3 Forskningsprosess

I dette studiet kommer vi til å benytte oss av statisk nåverdi og binomisk prisingsmodell for å identifisere og vurdere den underliggende eiendelens verdi. Formålet er å undersøke i hvilken grad økt kompleksitet i form av konstant og stokastisk volatilitet sammenlignet med statisk nåverdi, relativt sett øker eiendelsverdien. For å kunne anvende den binomiske prisingsmodellen har vi forutsatt at avkastningen til den underliggende eiendelen følger en binomisk prisprosess, hvor verdien på eiendelen enten kan gå opp eller ned. En prisingsmodell med flere utfall enn de to som forutsettes i den binomiske, ville gi mer presise estimater (Mun, 2002, s. 102). På bakgrunn av avhandlingens omfang, velger vi benytte binomisk tre, da de 10 stegene vil generere et stort antall utfall.



Figur 3: Forskningsprosess.

Det vil være nødvendig å gjennomføre forskningsprosessen i to omganger, steg 2 til 4. Hvor vi ønsker å undersøke hva slags opsjonsverdi som vil fremkomme med konstant og stokastisk volatilitet. Deretter finner vi verdien til den underliggende eiendelen. Dette vil gjøres gjennom ulike former for

opsjoner: vente-, ekspansjons- og nedskaleringsopsjon. Videre er det ønskelig å vurdere verdiene opp mot hverandre, og analysere og diskutere resultatene for å besvare problemstillingen.

Det vil være sentralt å gjøre rede for hva slags variabler og antagelser som inngår i de ulike stegene. Fremgangsmåten vil bli gjort rede for, hvor beregning av variablene som inngår i analysene vil bli presentert i kapittel 4.4.

4.4 Beregningsmetode

Kapittelet vil omhandle en presentasjon av modeller og fremgangsmåter for hvordan vi utfører analysene i studiet. Kapittelet vil systematisk gjennomgå analyseprosessen som gjennomføres for å komme frem til resultatene. Det første vi vil gjennomgå er beregning av eiendelsverdien uten fleksibilitet. Videre gjennomgår vi hvordan volatilitetsnivået, og den stokastiske utviklingen av volatilitetsnivået blir estimert. Dette gjøres for å øke kompleksiteten i verdsettelsen. Deretter vil vi gjennomgå variablene som inngår i den binomiske prisingsmodellen. Realopsjonsverdiene fra prisingsmodellen vil innebære en verdiutvikling av den underliggende, og verdiene av de ulike opsjonene.

4.4.1 Statisk nåverdi

Vi benytter statisk nåverdi for å finne verdien på den underliggende eiendelen uten ledelsesmessig fleksibilitet. Estimering av statisk nåverdi blir gjort gjennom å neddiskontere kontantstrømmen, med et bestemt avkastningskrav utover tidsperioden til den underliggende eiendelen. Dette danner verdien til den underliggende eiendelen på tidspunkt 0. Ved å trekke ut investeringsbeløpet resulterer dette i den statiske nåverdien til eiendelen. Vi velger å benytte uttrykket for statisk nåverdi, fremstilt av Copeland og Antikarov (2003, s. 73):

$$NPV = -I + \sum_{t=1}^T \frac{FKS_t}{(1+WACC)^t}$$

Uttrykk 1: Statisk nåverdi.

Hvor

$$WACC = \frac{E}{E+G} * k_E + \frac{G}{E+G} * (1 - s) * k_G$$

Uttrykk 2: WACC.

Hvor I viser til investeringsbeløpet til den underliggende eiendelen, $FKSt$ er den frie kontantstrømmen i tidsperiode t , $WACC$ er avkastningskravet (Bøhren et al., 2017, s. 20; Trigeorgis, 1996, s. 31). For å beregne avkastningskravet til nåverdien benyttet vi $WACC$ -metoden. $WACC$ estimerer et vektet snitt av kapitalkostnadene (k_E og k_G) (Koller et al., 2010, s. 103).

4.4.2 Volatilitetsnivå

Volatilitet er en sentral driver i binomisk prisingsmodell. For å kunne beregne volatilitetsnivået på den underliggende eiendelen, anvendes Monte Carlo-simulering og geometrisk Brownsk bevegelse. Monte Carlo-simulering benyttes for å danne utgangspunktet for volatiliteten, som vil bli brukt i verdsettelsen med konstant volatilitet. Geometrisk Brownsk bevegelse blir deretter brukt for å finne volatilitetsnivået i de fremtidige periodene i verdsettingen med stokastisk volatilitet.

4.4.2.1 Estimering av konstant volatilitet

For å beregne volatilitetsnivået for den underliggende eiendelen, benyttes Monte Carlo-simulering for å gjenspeile virkeligheten på best mulig måte. Det estimerte volatilitetsnivået vil bli brukt videre i det binomiske treet. Som nevnt i kapittel 3.4.4 blir simuleringene gjennomført der usikkerhetsmomentene til kontantstrømmen endres kontinuerlig. I eiendelens tilfelle er usikkerhetsmomentene tatt til betraktning. Han (2007, s. 17) referer til at det er mulig å anvende historisk data eller andre forutsetninger for å beregne potensielle utfall i den genererte kontantstrømmen. Vi velger å ta i bruk eiendelens genererte kontantstrøm som utgangspunkt for beregning av volatilitetsnivået. Det vil være hensiktsmessig å gjennomføre Monte Carlo-simuleringen av eiendelen, ved å beregne en gjennomsnittlig årlig kontantstrøm med volatilitet. Deretter blir en kontantstrøm med lik levetid som eiendelen generert av tilfeldige utfall basert på gjennomsnittsverdien og volatilitetsnivået. Til slutt blir de genererte kontantstrømmene simulert til 10 000 potensielle kontantstrømmer med tilhørende nåverdier.

Det vil være mest hensiktsmessig å benytte seg av programvare for å gjennomføre så mange simuleringer som mulig. Programvaren som vil bli tatt i bruk for å gjennomføre Monte Carlo-simuleringen er Microsoft Excel. Analyseverktøyet SPSS danner en illustrasjon av normalfordelingskurven til observasjonene som blir generert av nåverdiene. Den matematiske løsningen fremstilt av Brandão og Dyer (2005, s. 12) for kontinuerlig avkastning til Monte Carlo-simulering er:

$$\tilde{v} = \ln\left(\frac{\tilde{V}_1}{V_0}\right)$$

Uttrykk 3: Kontinuerlig avkastning for Monte Carlo-simulering.

Hvor

$$E(\tilde{v}) = v$$

Nåverdien til en simulert kontantstrøm betegnes som V_1 . V_0 viser opprinnelig nåverdi av kontantstrømmen til eiendelen. Simulering av kontantstrømmer gjentas kontinuerlig, til ønsket antall observasjoner. Det blir deretter beregnet et standardavvik av observasjonene, som danner eiendelens volatilitetsnivå (Brandão & Dyer, 2005, s. 12). Større antall observasjoner vil i avhandlingens tilfelle gi et bedre estimat av volatilitetsnivået.

4.4.2.2 Estimering av stokastisk volatilitet

Beregning av det stokastiske volatilitetsnivået for eiendelens tidsperioder innenfor levetiden, vil bli beregnet ved hjelp av geometrisk Brownsk bevegelse. Volatilitetsnivået til eiendelen vil følge en kontinuerlig bevegelse i tidsperiodene. Dette vil gi et volatilitetsnivå som vil være stigende utover i periodene. Volatilitetsnivået fra Monte Carlo-simulering vil i dette tilfellet være den underliggende variabelen (x). Den underliggende variabelen vil følge en geometrisk Brownsk bevegelse. Dixit og Pindyck (1994, s. 64-65), Marathe og Ryan (2005, s. 163), og Sigman (2006, s. 6) gir et uttrykk for utviklingen til den underliggende variabelen. Denne metoden blir brukt ved hjelp av programvaren Microsoft Excel.

$$d \ln x = \alpha * dt + \sigma * dz$$

Uttrykk 4: Kontinuerlig avkastning for geometrisk Brownsk bevegelse.

Hvor

$$dz = \epsilon_t \sqrt{dt} \quad \text{og,} \quad \alpha = rf - \frac{\sigma^2}{2}$$

Her viser d til endringen i stegene. I uttrykkets første ledd blir α gjengitt som driftparameteret, og dt som et tidssteg i modellen. I andre ledd av uttrykket symboliserer σ standardavviket knyttet til den underliggende variabelen (x), som beregnes ved hjelp av 10 000 Monte Carlo-simuleringer. Dz viser til økningen av Wiener-prosessen tilknyttet variabelen (Dixit & Pindyck, 1994, s. 65; Trigeorgis, 1996, s. 88). Wiener-prosessen dz , kommer frem i uttrykk 4. Her kommer forutsetningen om at ϵ_t , er en normalfordelt variabel med et snitt på 0 og standardavvik på 1 (Dixit & Pindyck, 1994, s. 64). For å finne driftparameteret benyttes risikofri rente, og variansen av den underliggende, dette resulterer i det risikonøytrale driftparameteret (Sigman, 2006, s. 6).

Tabell 4: Parameter for geometrisk Brownsk bevegelse i studiens tilfelle.

Parametere	
Variabel	x
Volatiliteten til variabelen	σ
Driftsparameter	α
Tidstrinn	t

4.4.3 Binomisk prisingsmodell

Binomisk prisingsmodell er en tilnærming innenfor realopsjonsverdsettelse. Vi vil basere studiet på en amerikansk vente-, ekspansjons- og nedskaleringsopsjon. Vente- og ekspansjonsopsjonen vil ha egenskapene til en kjøpsopsjon, mens nedskaleringsopsjonen har til en salgsoption. Amerikanske opsjoner legger til rette for å finne verdimaksimerende opsjonsverdier. På denne måten vil virkningen av økt kompleksitet i form av stokastisk volatilitet bli synliggjort i eiendelsverdien.

4.4.3.1 Bevegelsene til den underliggende

For å finne ut hvor mye den underliggende kan endres fra en periode til en annen, avhenger det av opp- og nedgangsfaktorene, u og d , hvor $u > 1$ og $d < 1$ (Kodukula & Papudesu, 2006, s. 70). Det vil være relevant å benytte faktorene ved at størrelsen er avhengig av volatiliteten til den underliggende. Inkludering av stokastisk volatilitet i det binomiske treet, vil bidra til et ikke-rekombinert gitter. Dette betyr at verdien på utfallet i andre periode, ikke vil gi samme verdi på den underliggende med henholdsvis økning og reduksjon, og reduksjon og økning (Dvs. $V_{ud} - V_{du} \neq 0$) (Kodukula & Papudesu, 2006, s. 71). I tilfeller hvor vi benytter konstant volatilitet vil det oppstå rekombinert gitter, hvor verdiene på utfallene som møtes vil gi samme verdi ($V_{ud} - V_{du} = 0$) (Kodukula & Papudesu, 2006, s. 71). Beregning og fremstilling av det ikke-rekombinerte- og rekombinerte gitteret, blir gjort gjennom Microsoft Excel og MatLab. Opp- og nedfaktorene blir gitt ved følgende uttrykk (Mun, 2006, s. 128):

$$u = e^{\sigma\sqrt{t}}$$

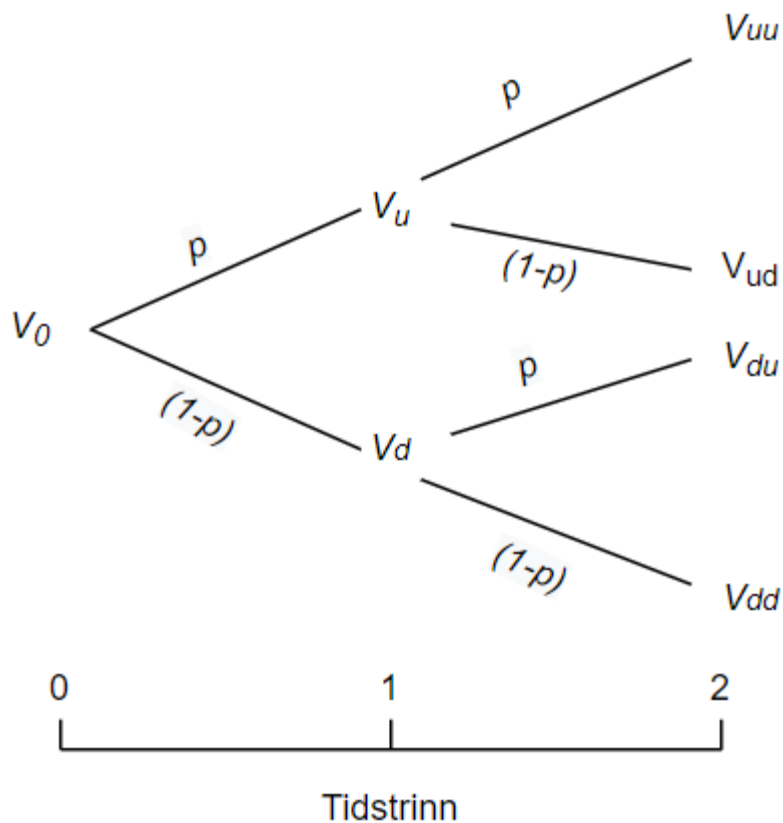
Uttrykk 5: Økningsfaktor.

og,

$$d = e^{-\sigma\sqrt{t}}, d = \frac{1}{u}$$

Uttrykk 6: Reduksjonsfaktor.

Hvor σ representere volatiliteten til den frie kontantstrømmens avkastning, og t viser tiden for hvert tidspunkt i det binomiske treet. Metoden vi benytter for å inkludere stokastisk volatilitet i det binomiske treet, er tilsvarende som vist i Mun (2006, s. 182-184). I tilfeller ved stokastisk volatilitet vil variablene i det binomiske treet få ulike verdier utover trinnene i tidsperioden. Metoden vil danne et verditre som viser mulige verdier på den underliggende, som blir fremvist i figur 4.



Figur 4: Verdiutvikling på den underliggende (Mun, 2002, s. 142).

Vi starter med å beregne nåverdien av eiendelen uten fleksibilitet (V_0), som vil vise verdien på tidspunkt $t=0$. Verdien uten fleksibilitet vil basere seg på forutsetningen om Market asset disclaimer. V_0 beregnes ved å summere nåverdien av alle de fremtidige kontantstrømmene til eiendelen (Copeland & Antikarov, 2003, s. 252):

$$PV = \sum_{t=1}^T \frac{FKS_t}{(1 + WACC)^t}$$

Uttrykk 7: Nåverdi av fremtidig kontantstrøm.

Hvor FKS_t er den frie kontantstrømmen i tidsperiode t , $WACC$ er avkastningskravet (Bøhren et al., 2017, s. 20; Trigeorgis, 1996, s. 31). Verdien (V_0) kan etter en periode enten øke eller redusere med tilsvarende verdi som u eller d , som gir verdiutfallene V_u og V_d for henholdsvis økning og reduksjon. Denne prosessen fortsetter til det fremtidige tidspunktet T , som er opsjonens forfallsdato.

4.4.3.2 Risikonøytral prising

For å modellere prisen på den underliggende, vil antagelsene presentert i kapittel 4.4.3.1 benyttes, for å finne mulige fremtidige verdier. For å kunne anvende binomisk prisingsmodell for realopsjonen, er det essensielt at det finnes en risikonøytral sannsynlighet, for å verdsette den underliggende (Kodukula & Papudesu, 2006, s. 72). Det er ifølge Carpenter (2006, s. 4), hensiktsmessig å benytte seg av risikonøytral sannsynlighet fremfor markedsreplikerende portefølje når opsjonen skal verdsettes, i tilfeller der det ikke er nødvendig å undersøke faktorer som inngår i den replikerende porteføljen.

De risikonøytrale sannsynlighetene, blir i det binomiske treet anvendt for å beregne verdien av realopsjonen, gitt de fremtidige utfallene diskontert med risikofri rente (Brandão et al., 2005, s. 74). Ved hjelp av risikonøytral sannsynlighet kan verdien på den underliggende enten gå opp med sannsynligheten p eller gå ned med sannsynligheten $(1-p)$. Vi ønsker å benytte tilsvarende fremstilling gjort av Cox et al. (1979, s. 234) gjengitt av Kodukula og Papudesu (2006, s. 72-74), for å finne den risikonøytrale sannsynligheten.

$$p = \frac{e^{rf^*t} - d}{u - d}$$

Uttrykk 8: Risikonøytral sannsynlighet for økning.

og,

$$(1 - p) = \frac{u - e^{rf^*t}}{u - d}$$

Uttrykk 9: Risikonøytral sannsynlighet for reduksjon.

Hvor rf , viser avkastningen på den risikofrie eiendelen, eller den risikofrie renten i opsjonens levetid. Risikonøytral sannsynlighet er et uttrykk som gjør det mulig å diskontere kontantstrømmen ved bruk av den risikofrie renten (Kodukula & Papudesu, 2006, s. 74). Den risikofrie renten vil basere seg på renten på en 10 års statsobligasjon, hentet fra Norges bank (Statsobligasjoner daglige noteringer, u.å.). Vi vil basert på dette unngå problemet med å finne en risikojustert diskonteringsfaktor. Verdien på kjøpsopsjonen (K_0) i tidspunkt 0, blir beregnet med følgende uttrykk:

$$K_0 = e^{-rf^*t} * [p * K_u + (1 - p) * K_d]$$

Uttrykk 10: Risikonøytral opsjonsverdi.

K_0 viser opsjonsverdien på tidspunkt 0, hvor K_u og K_d , illustrerer utfallene for opsjonen i den fremtidige perioden justert med de risikonøytrale sannsynlighetene (Bøhren et al., 2017, s. 493-495). Samme uttrykk vil gjelde dersom det er en salgsoptjon (S_0). Dette vil gi oss en risikonøytral opsjonsverdi.

4.4.3.3 Baklengs induksjon

For å finne opsjonsverdien på den underliggende via binomisk prisingsmodell utføres en baklengs induksjon. Fremtidige beslutninger oppnås på forskjellige beslutningspunkter og deretter utføres en baklengs induksjon. Dette for å oppnå en nåværende beslutning (Kodukula & Papudesu, 2006, s. 70). For å gjennomføre en baklengs induksjon er det nødvendig å beregne opsjonsverdien i alle mulige utfall ved endt levetid. Sluttverdiene for opsjonen i utfallene, beregnes gjennom formlene i tabell 5. Videre løses opsjonsverdiene bakover i tid ved hjelp av uttrykk 10. Dette for å finne den neddiskonterte potensielle opsjonsverdien på tidspunkt 0. Uttrykkene fremvist i tabell 5 er hentet fra en tilsvarende fremstilling gjort av Mun (2006, s. 87, 169 og 172). Tabellen illustrerer potensielle opsjonsverdier i tidspunkt t , hvor K_t og S_t er verdien av opsjonen på tidspunktet. For ekspansjons- og nedskaleringsopsjonen benyttes en skaleringsfaktor (s), for å vise utslaget ekspansjonen eller nedskaleringen vil gi på den underliggende eiendelens verdi (Mun, 2006, s. 167 og 170). Ekspansjons- og nedskaleringsopsjon blir investeringsbeløpet fratrukket opsjonsverdien for å finne eiendelsverdien (Mun, 2006, s. 170 og 173). For venteopsjonen, blir opsjonsverdien lagt til den opprinnelige netto nåverdien av eiendelen (Mun, 2006, s. 91).

Tabell 5: Potensielle opsjonsverdier.

Realopsjonstype	Verdi på det underliggende	Potensielle opsjonsverdier
Venteopsjon	V_t	$K_t = \max(V_t - I, 0)$
Ekspansjonsopsjon	V_t	$K_t = \max(V_t * (1 + s) - I * s, 0)$
Nedskaleringsopsjon	V_t	$S_t = \max(V_t * (1 - s) + V_t * s, 0)$

Det som må tas hensyn til er at vi benytter en amerikansk kjøps- og salgsopsjon, som vil si at opsjonen gir retten til å gjennomføre en handling innenfor levetiden. Det vil kun være gunstig å utføre handlingen dersom verdien av å utføre den, overstiger verdien av å ikke utføre handlingen. Vurderingen om hvorvidt det vil være gunstig å gjennomføre handlingen eller ikke, vil bli beregnet, men ikke kommentert annet enn at det forutsettes at verdimaksimerende strategi vil benyttes. I studiens tilfelle vil det kun være relevant å vurdere hvor stor forskjell det er på opsjonsverdiene, uavhengig av tidspunktet handlingen bør utføres.

4.5 Kvalitetskriterier

I dette kapittelet vil det bli foretatt en evaluering av forskningsmetoden som har blitt brukt for å besvare problemstillingen. Innenfor kvantitativ forskning, blir det benyttet ulike kriterier som vurderer kvaliteten på metoden som blir anvendt (Johannessen et al., 2010, s. 229). Reliabilitet og ulike validitetsformer er viktige kriterier for undersøkelsens troverdighet, som må tas hensyn til når det utføres en analyse (Larsen, 2017, s. 45).

4.5.1 Validitet

Validitet handler om datamaterialets gyldighet rundt problemstillingen som skal løses, hvor alle variabler blir målt gjennom studiet (Grønmo, 2016, s. 241; Heale & Twycross, 2015, s. 66). Ifølge Larsen (2017, s. 45), handler validitet om relevans eller gyldighet. Validiteten vil være høy dersom resultatet fra datainnsamlingen og undersøkelsesopplegget er relatert til problemstillingen (Grønmo, 2016, s. 241). Grønmo (2016, s. 257) nevner at i praksis vil perfekt validitet være vanskelig å oppnå. Dette kommer av at det ikke finnes presise mål, eller en eksakt måte å beregne og teste validiteten på.

Validitetsbegrepet innehar flere spesifikke kriterier og systematiske vurderinger underveis for å forklare det overordnede begrepet rundt validitet. Kriterier og vurderinger som vektlegges av forskeren kan variere ut ifra hvilken forskningsprosess som blir benyttet (Johannessen et al., 2010, s. 229). Larsen (2017, s. 46) nevner at det er flere begreper som ligger under betegnelsen om validitet, knyttet til ulike deler av undersøkelsen. I vårt tilfelle vil innholds-, intern- og ekstern validitet være de mest sentrale kriteriene. I og med at vi baserer studiet på analyser av rådata vil gode argumenter være viktig i beslutninger som blir foretatt.

4.5.1.1 Innholdsvaliditet

Innholdsvaliditet refererer til hvor godt alle målinger som er gjennomført i analysen måler begrepet (Heale & Twycross, 2015, s. 66; Ringdal, 2013, s. 98). Innholdsvaliditet er viktig i tilfeller hvor studiet refererer til komplekse begreper. En systematisk gjennomgang av komponentene, vil være nødvendig for å vurdere hvor godt begrepene blir fremstilt (Grønmo, 2016, s. 257). Umiddelbar validitet, er begrepet som gir best samsvar med hvordan studien blir gjennomført, ved at det gjøres skjønnsmessige vurderinger om variabelen måler begrepet (Heale & Twycross, 2015, s. 66; Ringdal, 2013, s. 98). Vår studie bygger på en rekke forutsetninger: Market asset disclaimer av den underliggende, risikonøytral prising av realopsjonen, Monte Carlo-simulering og geometrisk Brownsk bevegelse for volatilitetsnivået. Det som må tas til betraktning er at dette kan svekke validiteten til undersøkelsen. Bruken av simuleringsteknikker vil gjøre det svært usannsynlig å komme frem til samme verdier, om det gjennomføres ytterligere simuleringer.

Forutsetningene kan i teorien bidra til svakere validitet, men de er nødvendige for å gjennomføre studiet. Umiddelbar validitet blir i studiens tilfelle svært sentralt, og argumentene for å anvende forutsetningene bør tas til betraktning.

4.5.1.2 Intern validitet

Intern validitet referer til om det finnes en årsakssammenheng mellom variablene som skal analyseres og resultatene (Gibbert et al., 2008, s. 1466). Konklusjonen om problemstillingen kan gjøres gjeldende, under forutsetninger som er gjort rede for underveis i undersøkelsen (Grønmo, 2016, s. 254). I vårt tilfelle vil det være essensielt å gjøre rede for formler, modeller og forutsetninger underveis i analysene. Dette bidrar til styrket intern validitet, ved at analysen gjennomføres stegvis og kontrollert. Modellene som er anvendt i studiet følger en stegvis prosess. Noe som kan bidra til svekket intern validitet, er at geometrisk Brownsk bevegelse og Monte Carlo-simulering fjerner ekstremverdier når vi beregner volatilitetsnivået. Ekstremverdier bortfaller for å gjøre observasjonene normalfordelte.

4.5.1.3 Ekstern validitet

Ekstern validitet refererer til hvor godt funnene i undersøkelsen kan gjøres gjeldende i andre undersøkelser, og hvor generaliserbare funnene er (Gibbert et al., 2008, s. 1468). Dette er et mål for all forskning som blir begått, der resultatene i undersøkelsen kan benyttes for andre sammenhenger

og problemstillinger (Johannessen et al., 2010, s. 230). Metodene som har blitt anvendt i studiet, kan bli brukt til å løse andre problemstillinger. Dette styrker studiens eksterne validitet.

4.5.2 Reliabilitet

Reliabilitet blir ifølge Grønmo (2016, s. 242), definert som “graden av samsvar mellom ulike innsamlinger av data om samme fenomen basert på samme undersøkelsesopplegg”. Reliabilitet relaterer seg til nøyaktigheten av undersøkelsens data, hvordan dataen er samlet, hva slags data som brukes, og i hvilken grad det blir bearbeidet (Johannessen et al., 2010, s. 40). Reliabiliteten til undersøkelsen vil være høy, dersom den inneholder lite- eller ingen tilfeldige feil (Gripsrud et al., 2016, s. 135; Grønmo, 2016, s. 241; Johannessen et al., 2010, s. 40). Reliabilitet blir synlig i tilfeller der undersøkelsen vil generere tilnærmet identisk data og resultater, dersom den samme undersøkelsesmetoden blir benyttet (Grønmo, 2016, s. 241; Heale & Twycross, 2015, s. 66).

Johannessen et al. (2010, s. 229) påpeker at det er vanskelig for en forsker å utføre nøyaktig samme forskning som andre har gjennomført. I vårt tilfelle vil det være vanskelig å utføre nøyaktig samme undersøkelse. Dette skyldes at Monte Carlo-simulering gjennomfører utallige tester ved å gjøre endringer i variablene som beregner resultatet, mens geometrisk Brownsk bevegelse følger en tilfeldig bevegelse basert på foregående resultat. Det vil på bakgrunn av dette ikke oppstå identisk volatilitetsnivå, dersom andre forskere ønsker å gjennomføre samme analyse. En annen faktor som må tas til betraktning er at rådataen er konfidensiell. På bakgrunn av dette vil det være vanskelig for en annen forsker å gå mer i dybden enn de tallene som vi fremviser i analysen.

Rådata som benyttes i analysen vil være reliable, i den forstand at budsjettene er prognostisert gjennom bransjetall. En annen faktor som styrker reliabiliteten, er svært lite risiko i eiendelens avkastning. Dette bygger på at kontantstrømmen til eiendelen er tallfestet. For å styrke reliabiliteten har vi i avhandlingen vært åpen om valgene som har blitt tatt, og fremgangsmåten på hvordan vi ønsker å utføre analysen. Dette har vi gjort for å gi andre muligheten til å gjenskape studien med samme forskningsmetode, eller at de kan gjøre seg opp en mening om hvordan vi gjennomførte studiet.

4.5.3 Forskningsetiske betraktninger

Kapittelet handler om etiske vurderinger som har blitt foretatt gjennom studiet. Etikk omhandler prinsipper, retningslinjer og regler for vurdering av om handlingene som blir foretatt er riktige eller gale. Prinsipper, retningslinjer og regler gjelder for alle virksomheter i samfunnet. Etiske standarder må tas til betraktning dersom forskerens handling kan føre til konsekvenser for andre mennesker. Det vil oppstå etiske problemstillinger dersom mennesker blir direkte berørt av forskningen (Johannessen et al., 2010, s. 89).

Vi har i dette studiet fått tilgang til rådata fra en ekstern aktør, hvor vi måtte behandle dataene konfidensielt. Taushetsplikt og anonymitet vil si opplysninger som ikke kan tilbakeføres til personen som ga informasjonen (Johannessen et al., 2010, s. 96). På bakgrunn av dette har vi vinklet studiet til å kun fokusere på resultatene og regnskapstall rettet mot eiendelen. Dette for å få et virkelig tallgrunnlag for analysen. Alle opplysninger som kan bidra til å gjøre opplysningene om eiendelen mindre konfidensiell er tatt hensyn til. Vi har overfor aktøren vært åpne rundt hvordan vi bruker og håndterer datamaterialet. Det vil ikke foreligge noen skjulte hensikter rundt datamaterialet.

Ettersom vi baserer studiet på en eiendel som skal holdes konfidensielt, har vi stått overfor en etisk vurdering knyttet til studiets innhold. Dette har ført til begrensninger i form av hvor mye vi kan dele av informasjon rundt eiendelen. På bakgrunn av dette har vi analysert og tenkt oss grundig gjennom når vi utreder tall som er knyttet direkte rundt eiendelen. Fremgangsmåten som har blitt anvendt i studiet er metoder som går igjen i tilsvarende forskningsarbeid. Dette anser vi som en etisk riktig måte å analysere og håndtere datagrunnlaget på. I neste kapittel vil vi foreta en analyse av datagrunnlaget, som vil gi utgangspunkt for resultatene. Resultatene er sentrale for å besvare problemstillingen og tilhørende forskningsspørsmål.

5 Resultater

I dette kapittelet skal vi presentere resultatene fra nåverdiberegningen og realopsjonsanalysene via et binomisk tre. Resultatene vil legge grunnlag for diskusjonen og konklusjon vedrørende vår problemstilling og tilhørende forskningsspørsmål. Først presenteres resultatene av statisk nåverdi og volatilitetsnivåene. Deretter gjennomgås resultatene fra opsjonsverdsettelsene, hvor dette fordeles over to delkapitler for henholdsvis konstant og stokastisk volatilitetsnivå. Resultatet er på bakgrunn av alle antagelser og forutsetninger tilknyttet analysen. Det som er interessant å undersøke fra analysen, er i hvilken grad økt kompleksitet, i form av inkludering av fleksibilitet, påvirker verdien på den underliggende eiendelen. For å kunne observere graden av påvirkning, er det sentralt at vi gjennomfører en realopsjonsverdsettelse hvor volatilitetsnivået holdes konstant. Vi vil deretter se den prosentvise endringen i verdi fra konstant til stokastisk volatilitet. Resultatene som blir belyst fra analysene, vil kun være basert på verdimaksimerende løsninger for opsjonstypene.

I verdsettelsen av realopsjonstypene, vil verdien av fleksibiliteten legges til den opprinnelige verdien uten fleksibilitet i nåverdiberegningen (Copeland & Antikarov, 2003, s. 13). Fleksibiliteten i studiens tilfelle vil være retten til å utsette, ekspandere og nedskalere investeringen tilhørende eiendelen. Resultatene som fremkommer i kapittel 5.1 og 5.2 har en avgjørende betydning for gjennomføring av realopsjonsanalysene. Vi har i kapittel 4.4 gjort en grundig gjennomgang av fremgangsmåtene for hvordan vi gjennomførte analysene. Dette vil generere realopsjonsverdiene som vil være sentrale i videre diskusjon og konklusjon.

På grunn av et stort omfang i tallgrunnlaget i det binomisk treet med stokastisk volatilitet, forekommer det 1024 sluttnoder. Basert på dette, har vi konstruert grafer som viser fordelingene av nodene, og kun vist verdiene i de 4 første årene. Dette på bakgrunn av at det ikke er mulig å vise frem verdiene på en tilstrekkelig måte. Verdiene i sluttnodene vil basert på dette bli lagt som vedlegg. Alle tall i det binomiske treet er i hele tusen, utenom år 0. I tabell 6 presenteres de grunnleggende parameterne som benyttes i alle analysene. Parameterne må være til stede for å kunne utføre realopsjonsanalysene med de ulike opsjonstypene.

Tabell 6: Parameter for realopsjonsanalyse.

<i>Parameter</i>	
$r_f = 1,45\%$	Risikofri rente
$T = 10$	Tid til forfall i antall år
$t = 1$	Tidstrinn

Renten på en 10 års statsobligasjon, er ifølge Norges bank ved tidspunkt 7. april 2021, på 1,45% (Statsobligasjoner daglige noteringer, u.å.). Levetid er på 10 år, hvor et tidstrinn er 1 år. Vi vil videre gjennomføre analysene, for å kunne beregne de gjenværende parameterne som er nødvendig for å komme frem til realopsjonsverdiene.

5.1 Statisk nåverdi

Det vil først være relevant å beregne verdien på eiendelen uten fleksibilitet. På denne måten danner vi et grunnlag for den objektive verdien til eiendelen. Nåverdien av den fremtidige kontantstrømmen til eiendelen, blir benyttet som utgangspunkt for realopsjonsanalysene. Resultatene kan virke lave, men som tidligere nevnt i kapittel 2.1, kjennetegnes det at investeringer rundt eiendom har lav risiko.

Den underliggende eiendelen har en egenkapitalkostnad på 5,13%, og en gjeldskostnad på 3.14%. Kapitalandelene til den underliggende er henholdsvis 24,67% for egenkapital, og 75,33% for gjelden. Skattesatsen brukt i beregningene er satt til 27%, i henhold til tallgrunnlaget. Bruk av uttrykk 2 resulterer i et vektet snitt på **2,992285%**. For å beregne eiendelens netto nåverdi anvender vi WACC som avkastningskrav for den fremtidige kontantstrømmen. Ved å trekke investeringsbeløpet (**72 641 159**) fra nåverdien av eiendelens fremtidige kontantstrøm (**62 217 652**) vil vi få en netto nåverdi på **-10 423 507**. Resultatene fra beregningen av netto nåverdimetoden blir fremvist i tabell 7.

Tabell 7: Nåverdier.

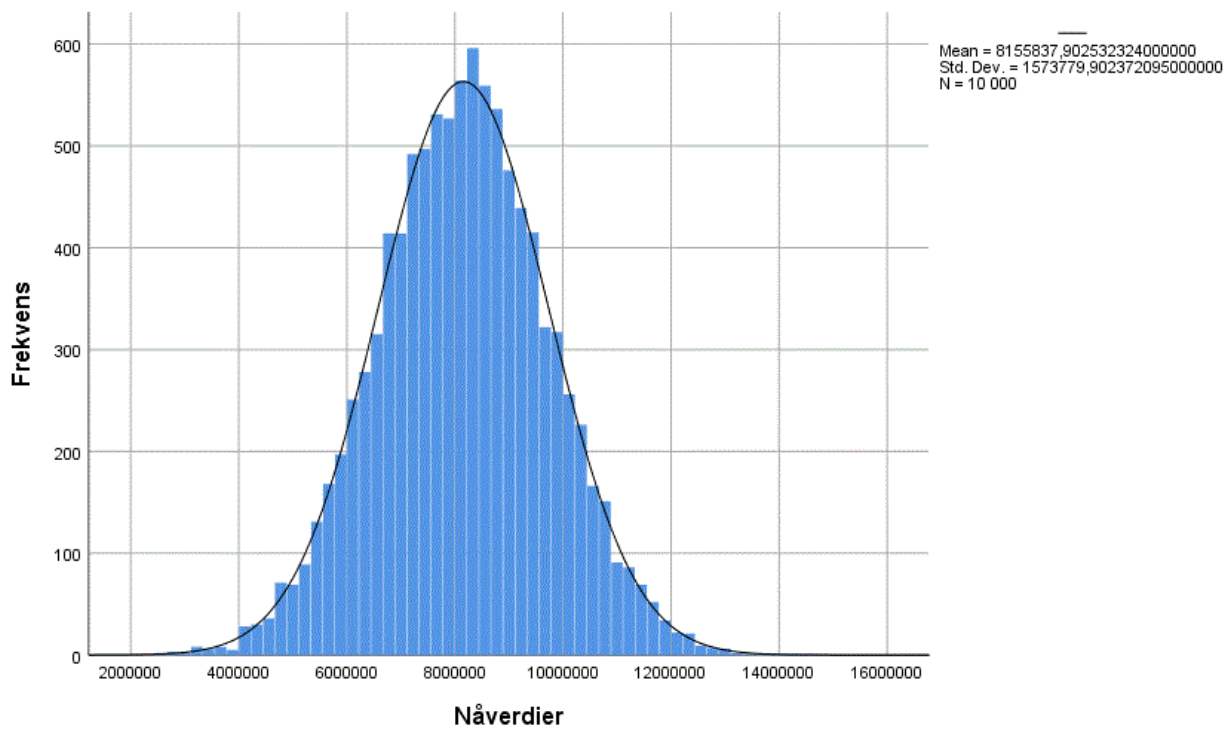
<i>Nåverdier</i>	
$WACC = 2,992285\%$	Avkastningskrav
$V_0 = 62\,217\,652$	Nåverdi av fremtidig kontantstrøm
$I = 72\,641\,159$	Investeringsbeløp
$NPV_0 = -10\,423\,507$	Netto nåverdi

5.2 Volatilitetsnivået

I dette underkapittelet kommer vi til å fremme resultatene ved bruk av Monte Carlo-Simulering og geometrisk Brownsk bevegelse. Resultatene vil bli benyttet som det konstante og stokastiske volatilitetsnivået i det binomiske treet. Dette vil legge et grunnlag for å undersøke volatilitetsnivåets påvirkning på den underliggende eiendelen ved å inkludere, og gjøre endringer i variabelen.

5.2.1 Monte Carlo-Simulering

Resultatene fra Monte Carlo-simuleringen er presentert i dette kapittelet. Fra figur 5 illustreres en normalfordelingskurve, som representerer fordelingen av de 10 000 simulerte observasjonene. Det fremkommer en gjennomsnittlig nåverdi på 8 155 837, og volatilitetsverdi på 1 573 779. Dette resulterer i et volatilitetsnivå på 19,30%.



Figur 5: Histogram av fordeling av nåverdier.

5.2.2 Geometrisk Brownsk bevegelse

Parameterne som benyttes for å beregne resultatene til det stokastiske volatilitetsnivået gjennom geometrisk Brownsk bevegelse, fremkommer i tabell 8. Volatiliteten og det risikofrie driftparameteret på variabelen viser verdier på 0,12% og 1,45%.

Tabell 8: Parameterverdier for geometrisk Brownsk bevegelse.

Parametere	
Variabel	19,30%
Volatiliteten til variabelen	0,12%
Driftsparameter	1,45%
Tidstrinn	1

Resultatene for de fremtidige stokastiske volatilitetsnivåene kommer frem i tabell 9. Procentsatsene øker i liten grad fra 19,30% i år 1, til 22,03% i år 10. Dette skyldes et lavt driftparameter og volatilitetsnivået til den underliggende.

Tabell 9: Stokastisk volatilitetsnivå.

År	Stokastisk volatilitetsnivå (σ)
1.	$\sigma = 19,30\%$
2.	$\sigma = 19,62\%$
3.	$\sigma = 19,88\%$
4.	$\sigma = 20,17\%$
5.	$\sigma = 20,44\%$
6.	$\sigma = 20,75\%$
7.	$\sigma = 21,03\%$
8.	$\sigma = 21,39\%$
9.	$\sigma = 21,68\%$
10.	$\sigma = 22,03\%$



5.3 Realopsjonsanalyse via binomisk tre

For å gjennomføre realopsjonsanalysene, er det nødvendig å modellere de potensielle utfallene eiendelens kontantstrøm kan oppnå (u og d). Videre har de risikonøytrale sannsynlighetene (p og $1-p$) blitt benyttet for å kunne beregne verdien av realopsjonene i det binomiske treet. Realopsjonsparameterne illustrert i tabell 10 og 12 er utgangspunktet for beregningen av realopsjonsverdiene med henholdsvis konstant og stokastisk volatilitet.

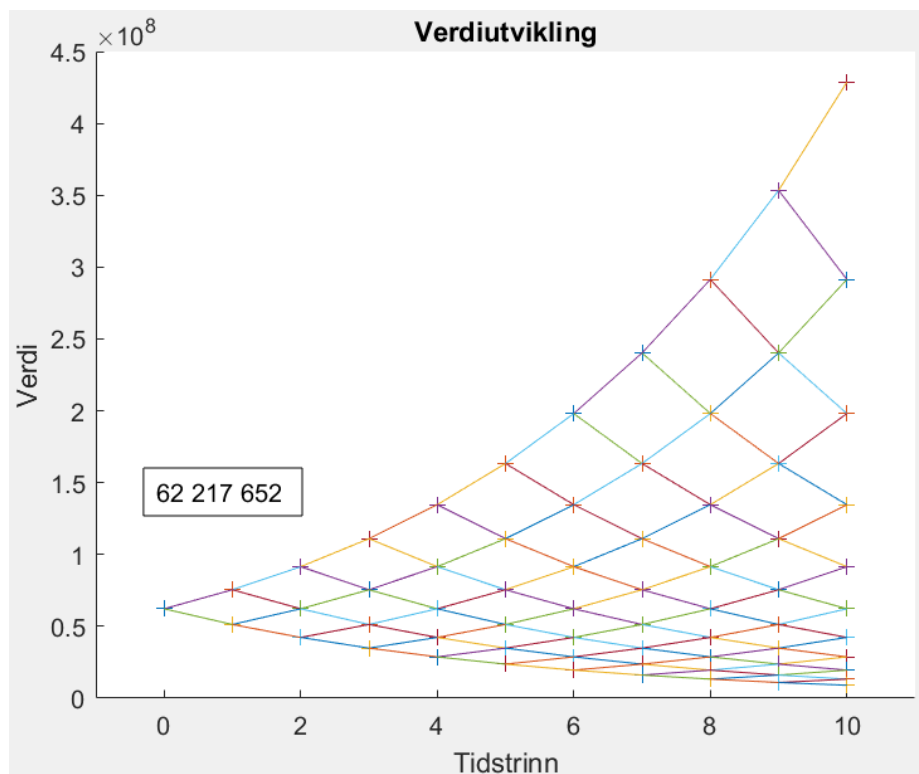
Tabell 10: Realopsjonsparametere ved konstant volatilitet.

Realopsjonsparametere	
$u = 1,212882$	Økningsfaktor fra (5)
$d = 0,824481$	Reduksjonsfaktor fra (6)
$p = 0,489503$	Risikonøytral sannsynlighet for økning (8)
$1 - p = 0,510496$	Risikonøytral sannsynlighet for reduksjon (9)

Fra tabell 10 fremkommer det en økningsfaktor på 1,212882, og en reduksjonsfaktor på 0,824481. Verdiene er et resultat av eiendelens volatilitetsnivå på 19,30%, og tidssteget på 1 år. Den risikonøytrale sannsynligheten for økning og reduksjon blir brukt til å vekte beslutningene for å finne verdien på realopsjonen. Dette resulterer i en økningssannsynlighet på 0,489503, og en reduksjonssannsynlighet på 0,510496. Tabell 11 og figur 6 viser verdiutviklingen av å holde volatilitetsnivået konstant. Den underliggende har et potensiale til å utvikle seg fra 62 217 652 på tidspunkt 0, til verdier fra høyeste verdi på 428 649 154 og laveste verdi 9 030 780 i sluttnodene. Tallene tilsier at det er et godt grunnlag til å utføre en baklengs induksjon, for å beregne realopsjonsverdiene. Alle tall etter tidspunkt 0 er i hele tusen.

Tabell 11: Verdiutvikling gjennom binomisk tre med konstant volatilitet.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
62 217 652	75 462	91 527	111 012	134 644	163 308	198 073	249 240	291 383	353 413	428 649
	51 297	62 217	75 462	91 627	111 012	134 644	163 308	198 073	240 240	291 383
		42 293	51 197	62 217	75 462	91 527	111 012	134 644	163 308	198 073
			35 870	42 293	51 297	62 217	75 462	91 527	111 012	134 644
				28 750	34 870	42 293	51 297	62 217	75 462	91 527
					23 703	28 750	34 870	42 293	51 297	62 217
						19 543	23 703	28 750	34 870	42 293
							16 113	19 543	23 703	28 750
								13 285	16 113	19 543
									10 953	13 285
										9 030



Figur 6: Grafisk fremstilling av verdiutvikling gjennom binomisk tre med konstant volatilitet.

Tabell 12 viser realopsjonsparameterne som har blitt benyttet for å beregne verdiutviklingen av den underliggende, og realopsjonsverdiene med stokastisk volatilitet. Ved endring i volatilitetsnivået i tidsstegene, vil parameterne øke eller reduseres i tilsvarende grad.

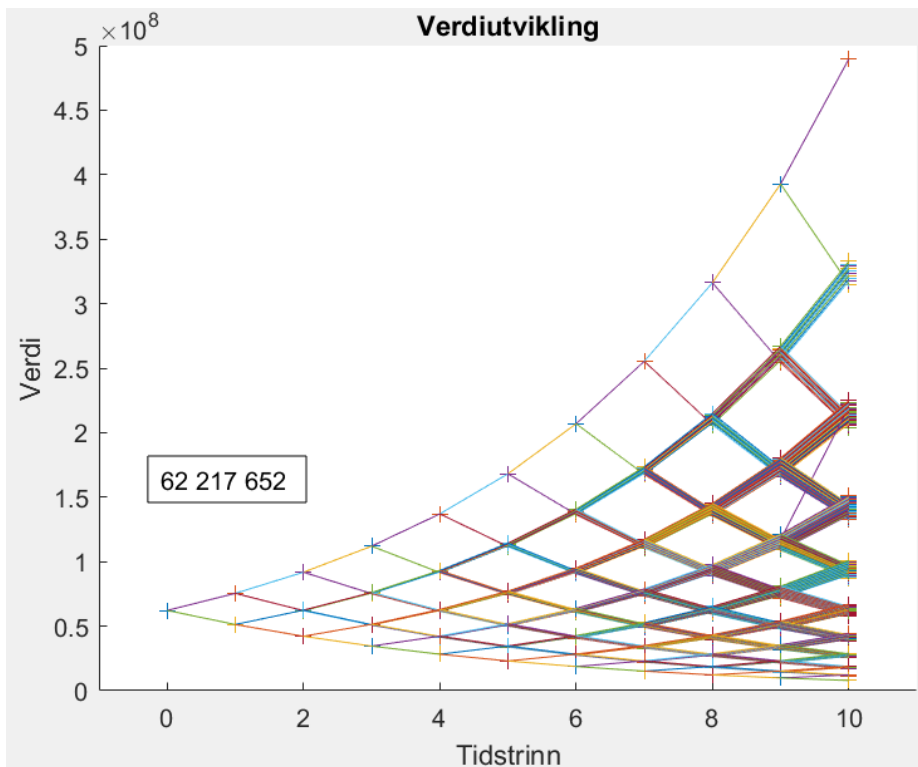
Tabell 12: Realopsjonsparameter for stokastisk prosess.

<i>Realopsjonsparameter for stokastisk prosess</i>				
<i>År</i>	<i>u</i>	<i>d</i>	<i>p</i>	<i>(1 - p)</i>
1.	1,21288	0,82448	0,48950	0,51050
2.	1,21673	0,82187	0,48810	0,51190
3.	1,21994	0,81972	0,48696	0,51304
4.	1,22343	0,81737	0,48572	0,51428
5.	1,22678	0,81514	0,48456	0,51544
6.	1,23061	0,81260	0,48325	0,51675
7.	1,23407	0,81032	0,48208	0,51792
8.	1,23844	0,80747	0,48063	0,51937
9.	1,24216	0,80505	0,47941	0,52059
10.	1,24639	0,80231	0,47804	0,52195

Verdiutviklingen til den underliggende med stokastisk volatilitet de fire første årene kommer frem i tabell 13. Sluttnodene hentet fra kapittel 9.1.1, viser en øverste potensielle verdiutvikling på 489 529 301 og laveste verdi på 7 907 670. Grafisk fremstilling av verdiutviklingen med stokastisk volatilitet, blir vist i figur 7.

Tabell 13: Verdiutvikling gjennom binomisk tre med stokastisk volatilitet.

	0	1	2	3	4
	62 217 652	75 462	91 817	112 011	137 039
		51 297	62 020	75 264	91 555
			62 415	75 661	92 081
			42 159	50 839	61 519
				76 142	92 566
				51 162	61 843
				51 432	62 198
				34 559	41 554
					93 155
					62 236
					62 594
					41 818
					62 924
					42 039
					42 280
					28 247



Figur 7: Grafisk fremstilling av verdiutvikling gjennom binomisk tre med stokastisk volatilitet.

5.4 Verdsettelse av opsjonstypene

Etter å ha fremvist verdiutviklingen til den underliggende, vil vi i de neste kapitlene illustrere resultatene som vil gi verdiene på realopsjonen. Anvendelse av en realopsjon, vil gi muligheten til å inkludere verdien av ledelsesmessig fleksibilitet opsjonen gir til eiendelen. Vi vil fremvise resultatene fra verdsettelsen av opsjonstypene: vente-, ekspansjons- og nedskaleringsopsjon via binomisk tre. De neste underkapitlene blir delt inn i konstant og stokastisk volatilitet, for de ulike opsjonstypene.

5.4.1 Verdsettelse av opsjonstypene via binomisk tre med konstant volatilitet

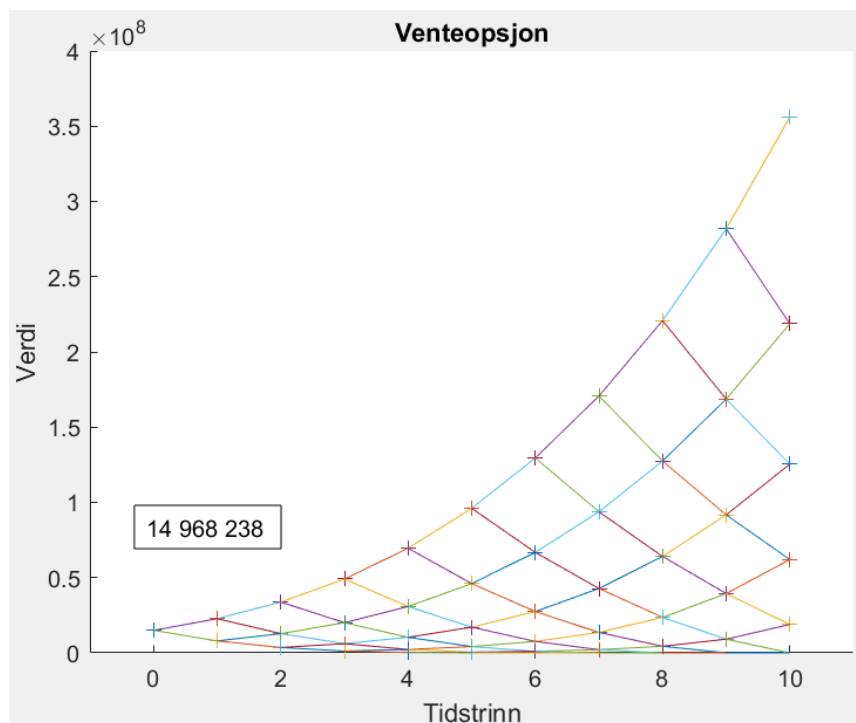
I dette kapitlet vil resultatene av verdsettelsen av vente-, ekspansjons- og nedskaleringsopsjonen bli presentert. Volatilitetsnivået i det binomiske treet vil holdes konstant. Resultatene viser at det er stor forskjell på eiendelsverdiene, sett opp mot hvilken type opsjon som blir estimert.

Verdiene konstrueres gjennom samme risikonøytral sannsynlighet for økning på 0,489503, og en reduksjon på 0,510496. I venteopsjon vil opsjonsverdien være på 14 968 238. Ny netto nåverdi på

eiendelen ved å inkludere verdien av fleksibiliteten i venteopsjonen blir 4 544 731. Dette tilsvarer en prosentvis økning på 144%. Når det kommer til både ekspansjons- og nedskaleringsoptionsjon, vil verdiene i år 0 være på henholdsvis 66 708 124 og 67 489 108. I ekspansjons- og nedskaleringsoptionsjon, må investeringskostnaden trekkes ut av optionsverdien på tidspunkt 0. Dette vil resultere i en ekspansjonsoptionsverdi på -5 933 035, og en nedskaleringsoptionsverdi på -5 152 051. Disse resultatene baserer seg på en skaleringsfaktor på 30%. Alle tall etter tidspunkt 0 er i hele tusen.

Tabell 14: Venteoptionsverdi med konstant volatilitet via binomisk tre.

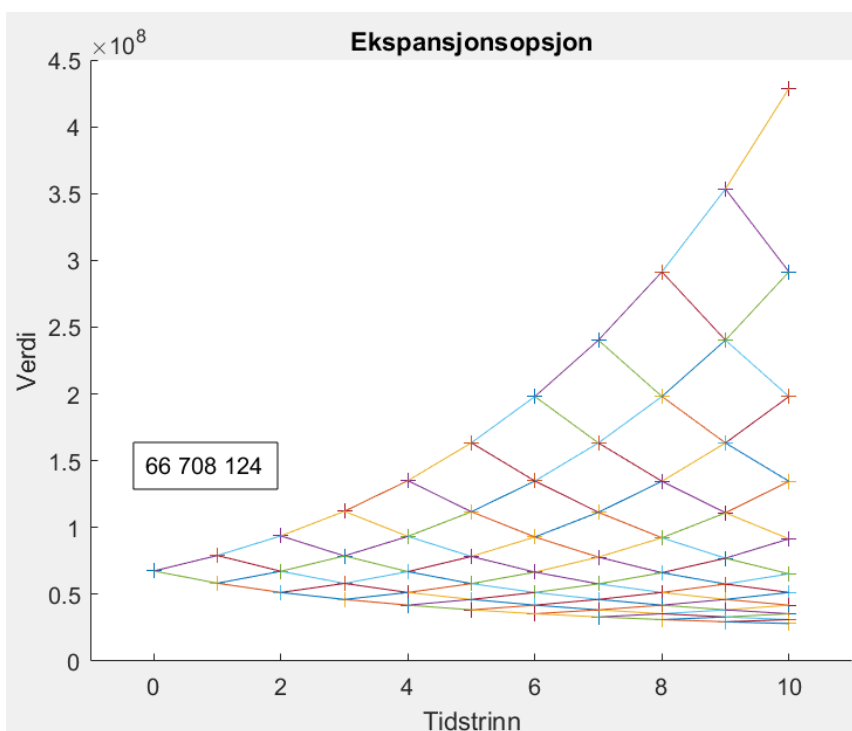
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14 968 238	22 719	33 766	49 046	69 521	96 083	129 525	170 691	220 818	281 818	356 007
	7 963	12 778	20 080	30 816	46 041	66 764	93 759	127 508	168 644	218 741
		3 574	6 141	10 360	17 099	27 486	42 790	64 079	91 712	125 432
			1 216	2 272	4 194	7 627	13 598	23 601	39 416	62 003
				238	493	1 023	2 120	4 396	9 111	18 886
					0	0	0	0	0	0
						0	0	0	0	0
							0	0	0	0
								0	0	0
									0	0
										0



Figur 8: Grafisk fremstilling av venteoptionsverdi med konstant volatilitet via binomisk tre.

Tabell 15: Ekspansjonsopsjonsverdi med konstant volatilitet via binomisk tre.

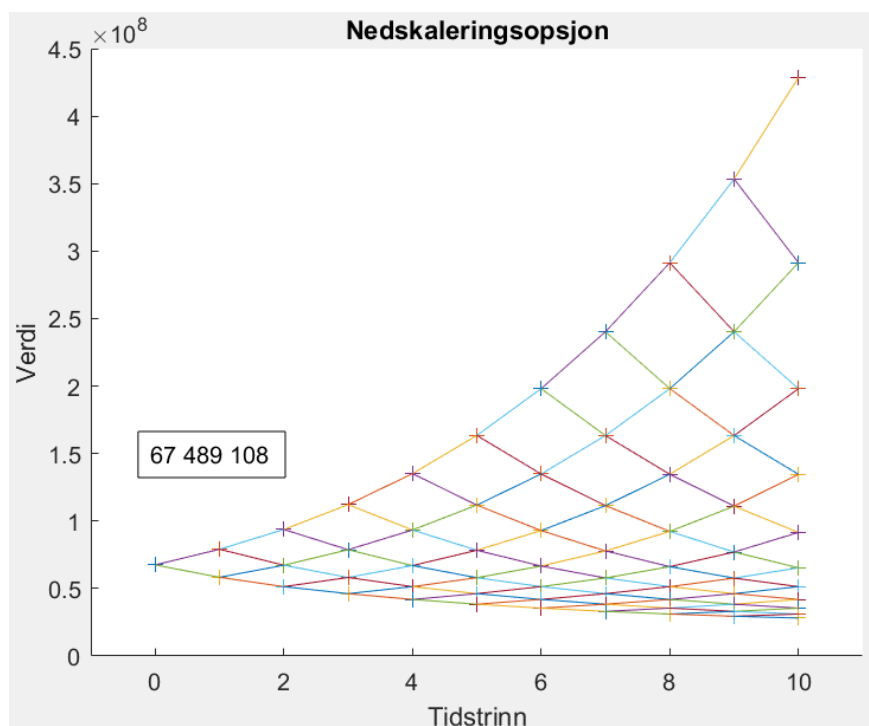
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
66 708 124	82 278	101 657	125 725	155 501	192 133	236 931	291 447	357 628	437 958	535 451
	53 686	66 051	81 486	100 772	124 824	154 674	191 435	236 326	290 833	357 005
		43 366	53 139	65 325	80 592	99 773	123 849	153 868	190 821	235 703
			35 235	42 975	52 555	64 506	79 542	98 607	122 837	153 245
				28 821	35 018	42 600	51 933	63 536	78 196	97 193
					23 703	28 750	34 870	42 293	51 297	62 217
						19 543	23 703	28 750	34 870	42 293
							16 113	19 543	23 703	28 750
								13 285	16 113	19 543
									10 953	13 285
										9 030



Figur 9: Grafisk fremstilling av ekspansjonsopsjonsverdi med konstant volatilitet via binomisk tre.

Tabell 16: Nedskaleringsopsjonsverdi med konstant volatilitet via binomisk tre.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
67 489 108	79 069	93 735	112 155	135 094	163 408	198 073	240 240	291 383	353 413	428 649
	58 315	67 269	78 754	93 369	111 809	134 845	163 308	198 073	240 240	291 383
		51 397	58 182	66 993	78 359	92 919	111 410	134 644	163 308	198 073
			46 201	51 397	58 011	66 639	77 847	92 319	111 012	134 644
				41 917	46 201	51 397	57 798	66 198	77 036	91 527
					38 385	41 917	46 201	51 397	57 700	65 344
						35 472	38 285	41 917	46 201	51 397
							33 071	35 472	38 385	41 917
								31 091	33 071	35 472
									29 459	31 091
										28 113



Figur 10: Grafisk fremstilling av nedskaleringsopsjonsverdi med konstant volatilitet via binomisk tre.

5.4.2 Verdsettelse av opsjonstypene via binomisk tre med stokastisk volatilitet

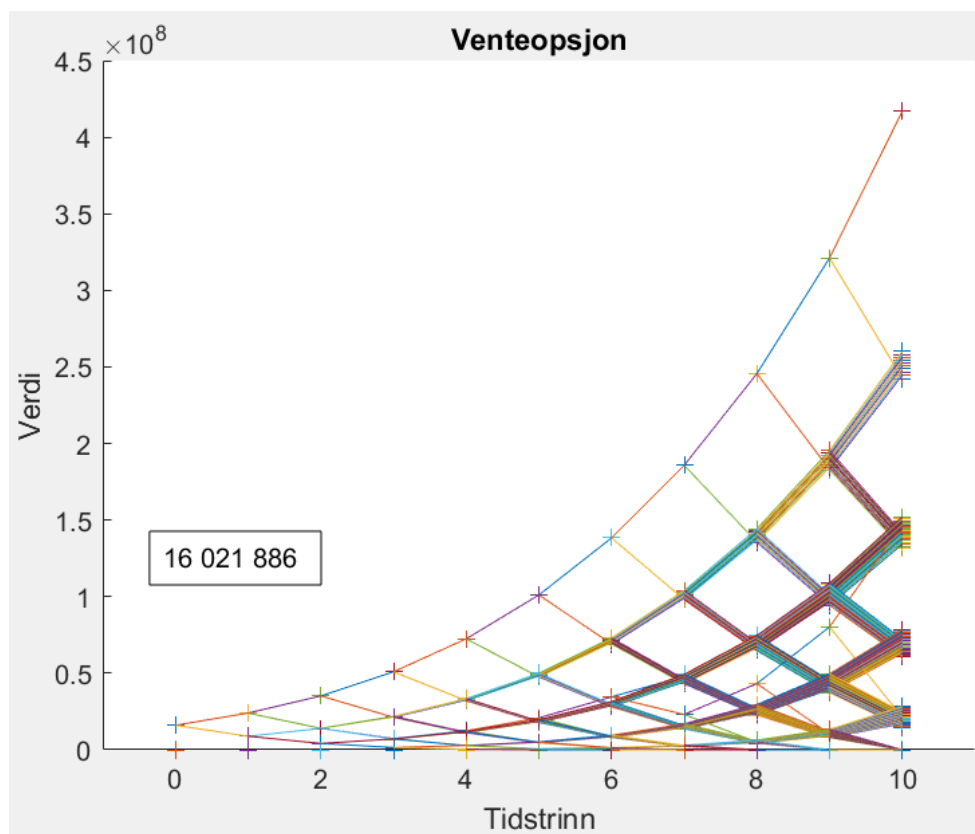
For å kunne svare på forskningsspørsmålene, vil det være sentralt å se hvordan eiendelsverdiene på opsjonstypene blir, dersom volatiliteten er stokastisk via det binomisk treet. Det vil være interessant å se i hvilken grad de ulike opsjonsverdiene vil bli påvirket av å øke kompleksiteten i beregningen. Den økte kompleksiteten kommer av at vi velger å sette et stokastisk volatilitetsnivå. For å se hvor

stort utslag kompleksiteten gir på de ulike eiendelsverdiene, er det hensiktsmessig å sammenligne verdien som kommer fra stokastisk volatilitet og konstant volatilitet.

Resultatene som fremkommer i tabell 17, 18 og 19 har blitt estimert gjennom parameterne i tabell 12. Neddiskontering med risikonøytral sannsynlighet for økning og reduksjon, har resultert i en venteopsjonsverdi på 16 021 886. Dette resulterer i en ny eiendelsverdi på 5 598 379. Ekspansjonsopsjonsverdien blir i en baklengs induksjon via binomisk tre på 67 077 518, men ved å trekke fra investeringskostnaden vil eiendelsverdien bli på henholdsvis -5 563 641. Nedskaleringsopsjonen viser en opsjonsverdi på 67 786 866, som resulterer i en eiendelsverdi på -4 854 273, etter å ha trukket fra investeringskostnaden. Alle tall etter tidspunkt 0 er i hele tusen.

Tabell 17: Venteopsjonsverdi med stokastisk volatilitet via binomisk tre.

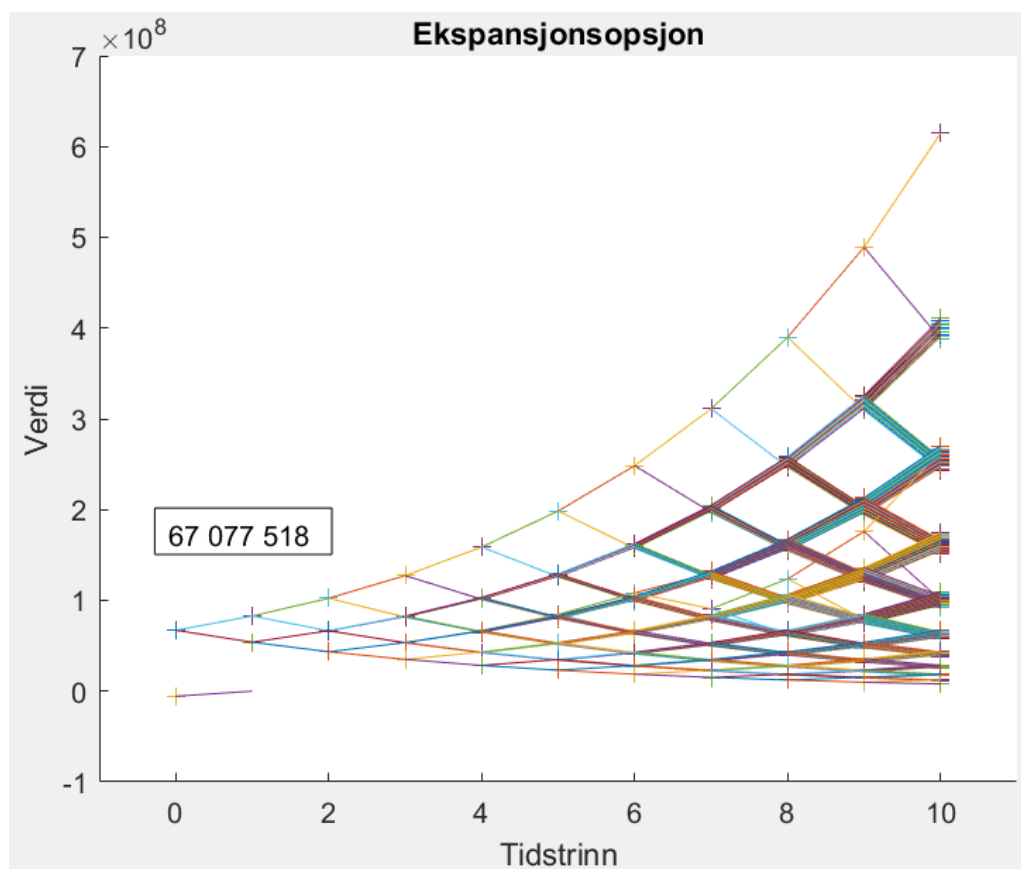
	0	1	2	3	4
16 021 886	23 987	35 176	50 941	72 453	
8 842	14 002	14 002	21 214	32 071	
	14 005	21 486	21 486	32 492	
	4 171	7 298	7 298	11 165	
		21 814	21 814	32 881	
		6 991	6 991	11 333	
		7 096	7 096	12 421	
		1 513	1 513	2 666	
				33 353	
				11 536	
				11 720	
				2 722	
				11 891	
				2 769	
				2 821	
				322	



Figur 11: Grafisk fremstilling av venteopsjonsverdi med stokastisk volatilitet via binomisk tre.

Tabell 18: Ekspansjonsopsjonsverdi med stokastisk volatilitet via binomisk tre.

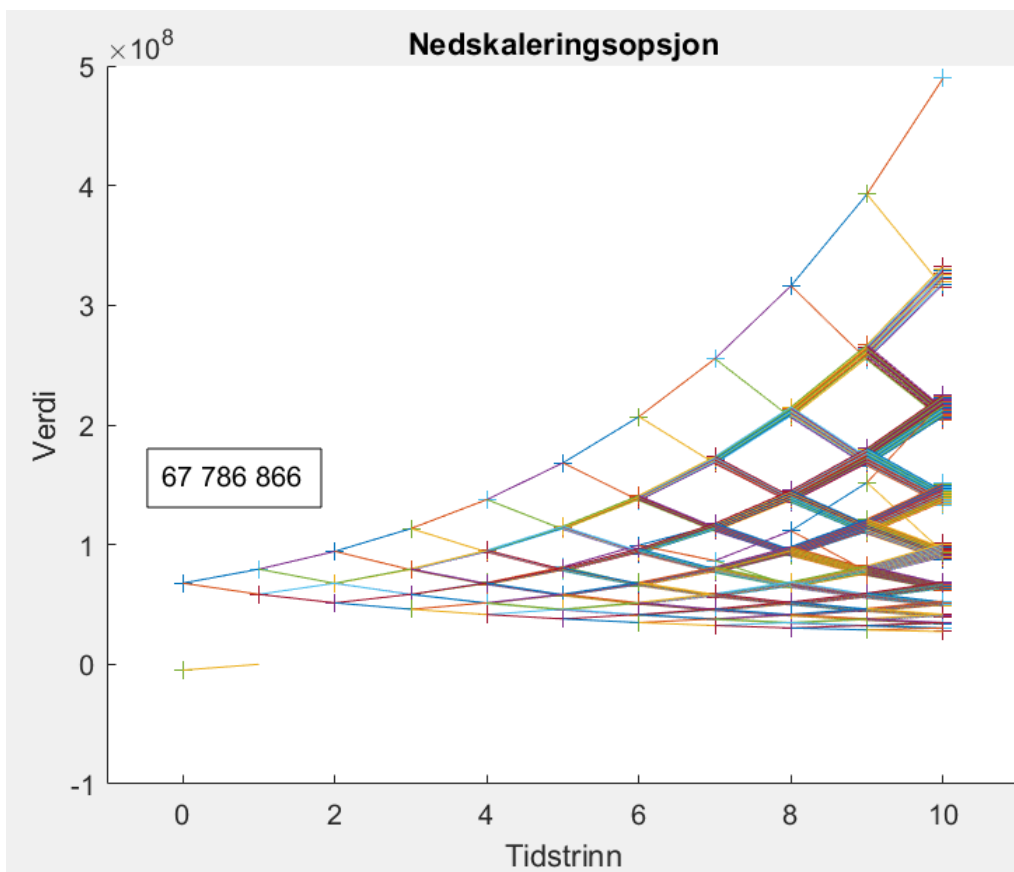
	0	1	2	3	4
67 077 518	82 769	102 370	127 294	158 775	
53 950	66 440	81 628	101 176		
66 616	82 107	101 828			
43 411	53 461	64 868			
	82 686	102 431			
	53 260	65 243			
	53 561	66 829			
	35 013	42 354			
		103 161			
		65 697			
		66 110			
		42 635			
		66 491			
		42 870			
		43 127			
		28 344			



Figur 12: Grafisk fremstilling av ekspansjonsopsjonsverdi med stokastisk volatilitet via binomisk tre.

Tabell 19: Nedskaleringsopsjonsverdi med stokastisk volatilitet via binomisk tre.

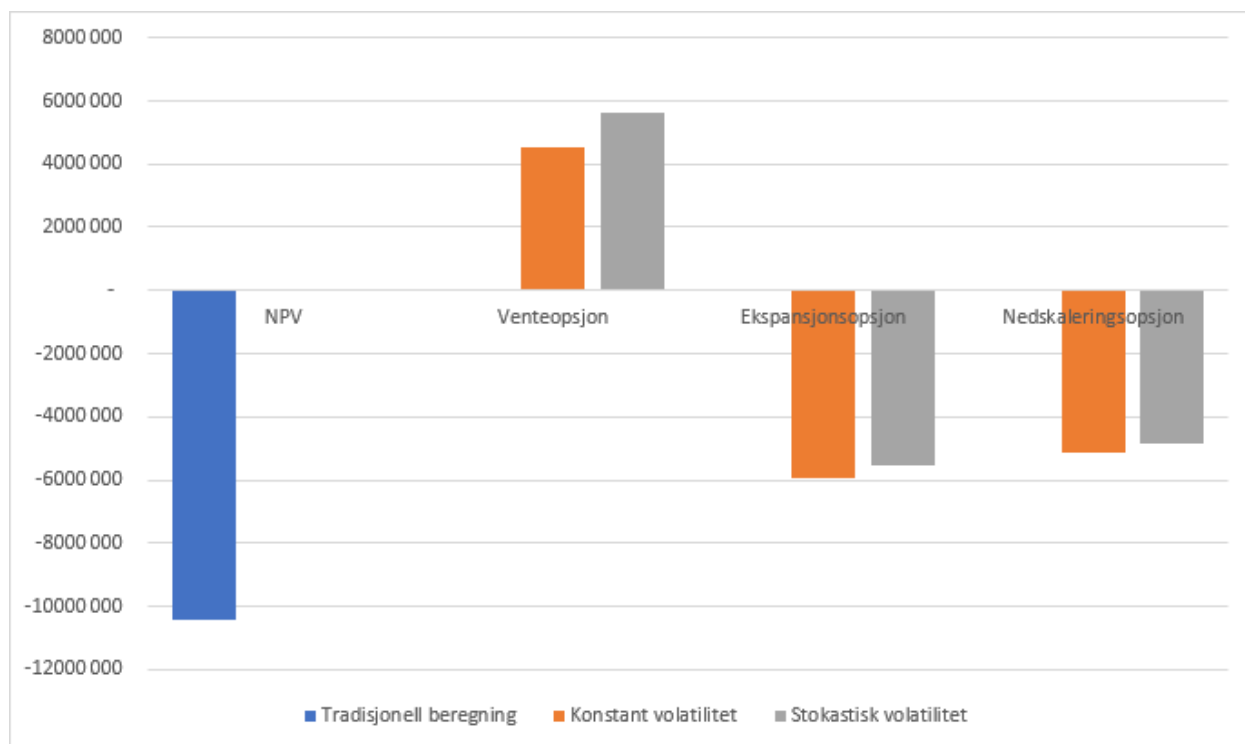
	0	1	2	3	4
1	67 786 866	79 513	94 363	113 426	137 650
2		58 481	67 622	78 956	93 769
3			67 740	79 314	94 263
4			51 321	58 450	66 741
5				79 748	94 720
6				58 271	67 016
7				58 484	68 222
8				45 983	50 880
9					95 273
10					67 350
11					67 653
12					51 065
13					67 933
14					51 219
15					51 388
16					41 565



Figur 13: Grafisk fremstilling av nedskaleringsopsjonsverdi med stokastisk volatilitet via binomisk tre.

5.5 Sammenligning av resultatene

Vi vil i dette kapittelet trekke frem de viktigste resultatene fra nåverdiberegningen og verdsettingene av vente-, ekspansjons- og nedskaleringsopsjon, med konstant og stokastisk volatilitet via binomisk tre. Resultatene skal spesielt bli vektlagt når problemstillingen og forskningsspørsmålene blir drøftet. Diagrammet nedenfor illustrerer eiendelsverdien til statisk nåverdi, og opsjonstypene med konstant og stokastisk volatilitet.



Figur 14: Sammenligning av resultater.

Vi observerer fra resultatene, at de ulike opsjonstypene drar nytte av det stokastiske volatilitetsnivået i ulik grad. Ved å ikke inkludere verdien av ledelsesmessig fleksibilitet, vil verdien på den underliggende være -10 423 507.

Inkludering av ledelsesmessig fleksibilitet og usikkerhet, vil danne høyere eiendelsverdi av å benytte opsjonstypene. Opsjonstypen som genererer størst utfall på eiendelsverdien, er venteopsjonen, som øker med 144% til 4 544 731. Ekspansjons- og nedskaleringsopsjonen genererer en mindre verdi, med en henholdsvis økning til -5 933 035 og -5 152 051. Dette tilsier en økning på 43,08% og 50,7%.

Opsjonstypen som gir størst utfall på eiendelsverdien ved stokastisk volatilitet er venteopsjon. Venteopsjon får en verdi på 5 598 379, som tilsvarer en økning på 23,18% fra den konstante verdien. Ekspansjons- og nedskaleringsopsjon viste endringer i mindre grad. Eiendelsverdien av å benytte en ekspansjonsopsjon har en prosentvis økning fra konstant til stokastisk volatilitet på 6,23%, til -5 563 641. Opsjonstypen som drar minst nytte av det stokastiske volatilitetsnivået på eiendelsverdien, er nedskaleringsopsjonen, som har en prosentvis økning på 5,78%, til -4 854 239. Selv om det er en økning i verdien, vil ikke økningen bidra til at verdien blir positiv av å benytte ekspansjons- og nedskaleringsopsjonen.

Det å øke kompleksiteten fra statisk nåverdi til en verdsettelse med konstant volatilitet, gir en større økning i eiendelsverdien. Binomisk tre med stokastisk volatilitet gir også en økning i eiendelsverdien, men ikke i like stor grad som fra statisk nåverdi til realopsjonsverdsettelse med konstant volatilitet. Dette kan komme av at det stokastiske volatilitetsnivået øker i liten grad. Vi vil sammen med tidligere litteratur og resultatene fra analysen, danne grunnlaget for diskusjon i neste kapittel.

6 Diskusjon

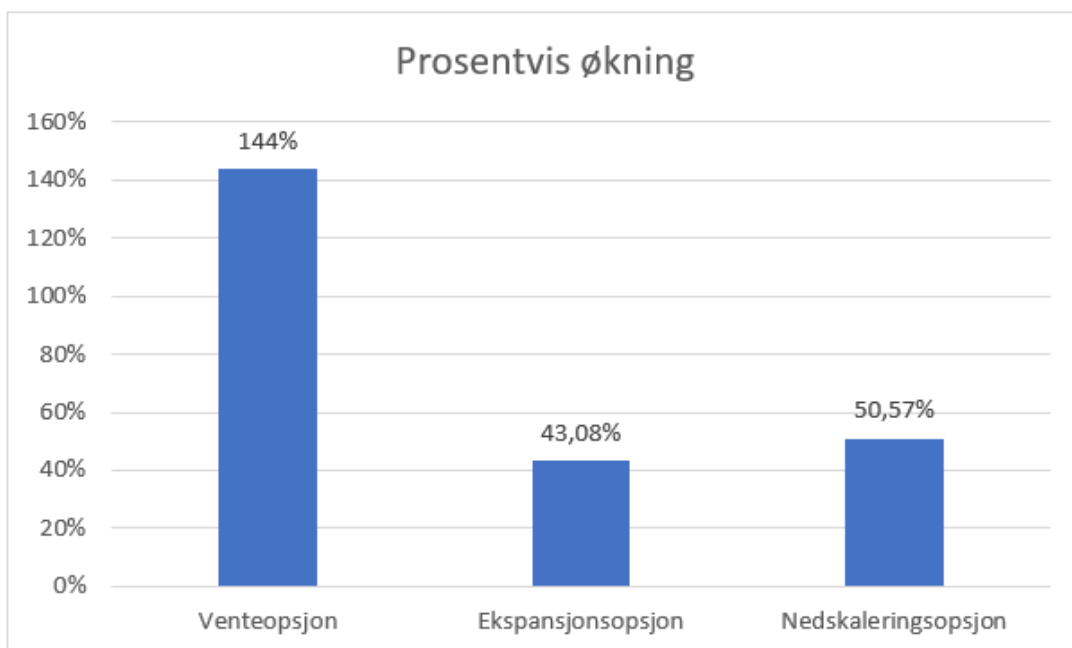
Resultatene bekrefter at eiendelsverdien øker i større grad ved å øke kompleksiteten i verdsettelsen. Det gir større utslag i resultatene med å tilføye ledelsesmessig fleksibilitet, fremfor ytterligere økning i usikkerhet. I dette kapitlet vil vi analysere og diskutere våre resultater opp mot presentert litteratur. Kapitlet er delt inn i underkapitler for hvert forskningsspørsmål, hvor de ulike verdsettelsesmetodene blir diskutert. Vi vil trekke frem diskusjon rundt det vi anser som relevant til å svare på problemstillingen. Forskningsspørsmålene som blir diskutert i dette kapitlet er:

1. I hvilken grad vil eiendelsverdien relativt sett øke når kompleksiteten går fra statisk nåverdi til en realopsjonsverdsettelse via binomisk tre?
2. I hvilken grad vil økt kompleksitet fra konstant til stokastisk volatilitet relativt sett øke verdien på vente-, ekspansjons- og nedskaleringsopsjon via binomisk tre?

6.1 Forskningsspørsmål 1

Det første forskningsspørsmålet omhandler i hvilken grad eiendelsverdien relativt sett øker når kompleksiteten går fra statisk nåverdi til en realopsjonsverdsettelse via binomisk tre. Vi vil på bakgrunn av dette sammenligne resultatene fra statisk nåverdiberegning opp mot realopsjonsverdsettelsene med konstant volatilitet.

Statisk nåverdiberegning er forbundet med analyse og prising, men egner seg ikke for å analysere fleksibilitet (French & Gabrielli, 2005, s. 79; Trigeorgis, 1996, s. 1). Tradisjonell nåverdimetode tar kun utgangspunkt i nåværende forutsigbare kontantstrømmer (Ho & Liao, 2011, s. 15296; Horn et al., 2015, s. 74; Shen & Pretorius, 2013, s. 425; Trigeorgis, 1996, s. 1). Vi ser en markant endring i eiendelsverdien av å øke kompleksiteten gjennom en realopsjonsverdsettelse. Økningen i eiendelsverdien skyldes at det blir lagt til rette for verdien av fleksibilitet for å utnytte usikkerhet. Koller (2003, s. 683) poengterer at dersom det ikke er usikkerhet til stede, vil ikke innehaveren ha muligheten til å motta ny informasjon om fremtidige valg. I slike tilfellet vil ikke en realopsjonsverdsettelse være hensiktsmessig. Ut ifra resultatene kan vi se at det er større økning i eiendelsverdien av å benytte venteopsjon, fremfor ekspansjons- og nedskaleringsopsjon.



Figur 15: Prosentvis økning i eiendelsverdiene ved å inkludere fleksibilitet.

Riktig anvendelse og identifisering av opsjonstypene kan føre til økt fleksibilitet på den underliggende eiendelen (Amran & Kulatilaka, 1999, s. 25). Figur 15 viser den prosentvise økningen eiendelsverdien oppnår, av å inkludere fleksibilitet. Inkludering av fleksibilitet øker verdien på den underliggende betraktelig. Netto nåverdi til den underliggende eiendelen er negativ og bør i prinsippet ikke igangsettes. Dersom ledelsesmessig fleksibilitet inkluderes, vil verdien være tilstrekkelig nok til å utføre investeringen om det benyttes en venteopsjon. Dette stemmer overens med Copeland og Antikarov (2003, s. 15), og Koller et al. (2010, s. 683), som poengterer at dersom verdien av ledelsesmessig fleksibilitet blir tatt med i beregningene kan det føre til at verdien vil bli tilstrekkelig nok, til å utføre investeringen. Dette er ikke tilfelle for eiendelsverdien til ekspansjons- og nedskaleringsopsjonen. Økt kompleksitet bidrar ikke til at investeringen bør gjøres gjeldende. Som vist i figur 2, vil eiendeler med en nåverdi i nærheten av 0 dra størst nytte av realopsjonstilnærmingen, men det er ikke sikkert at den vil heve verdien nok til å gjennomføre en investering.

Copeland og Antikarov (2003, s. 13), og Lambrecht (2017, s. 168) viser et kritisk syn til realopsjonsverdsettelse. Kritikken bygger på utsagnet om at inkludering av fleksibilitet utelukkende vil øke verdien av eiendelen. Resultatene fra realopsjonsanalysen kan imidlertid føre til overprising. Beslutningene tatt i analysene er optimale, men det er viktig å stille seg kritisk til resultatene. Dette kommer av at en realopsjonsanalyse avhenger av mange forutsetninger, som kan gi misvisende

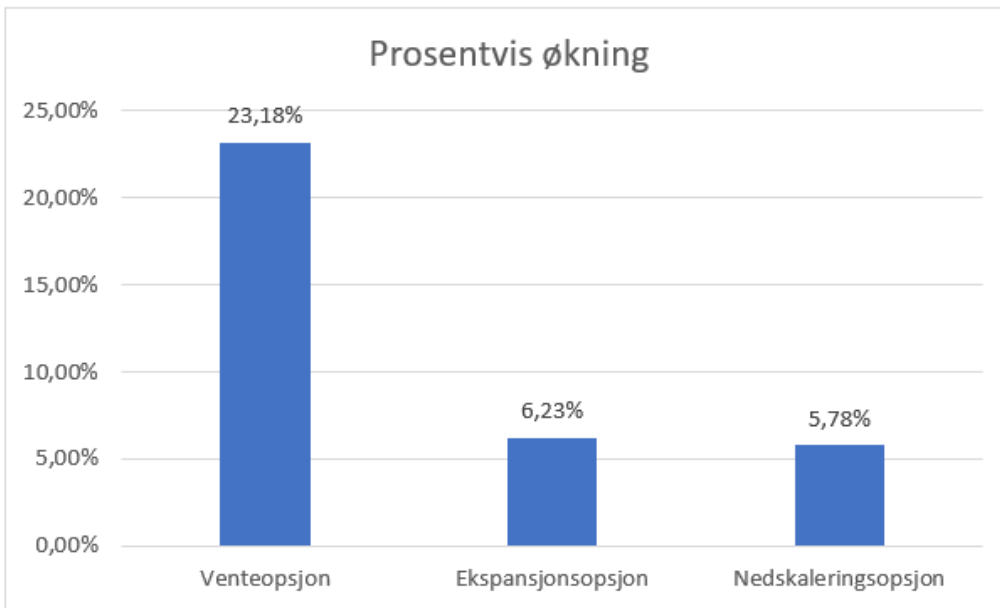
informasjon (Lambrecht, 2017, s. 168). Det må derfor tas til betraktning at forutsetningene ikke nødvendigvis kan gjøres gjeldende i virkeligheten.

6.2 Forskningsspørsmål 2

I det andre forskningsspørsmålet ønsker vi å finne ut hvilken grad konstant til stokastisk volatilitet relativt sett øker verdien på vente-, ekspansjons- og nedskaleringsopsjon via binomisk tre. Estimering av volatilitet vil føre til økt kompleksitet i verdsetting av realopsjoner. Dette skyldes at variabelen ikke er observert i markedet, og må bli estimert gjennom andre metoder (Amran & Kulatilaka, 1999, s. 100).

Estimering av volatilitetsnivået har en påvirkning på eiendelsverdien til opsjonstypene. Han (2007, s. 17) og Mun (2002, s. 102) poengterer at Monte Carlo-simulering gir et godt estimat for volatilitetsnivået. Simuleringene blir gjentatt kontinuerlig, noe som vil gjenspeile virkelige scenarier på best mulig måte. Eiendelens fremtidige potensielle kontantstrøm blir simulert til 10 000 utfall, og genererer et volatilitetsnivå på 19,30%. Dersom det hadde vært flere eller mindre simulerte utfall, ville det gitt et annet utslag på volatilitetsnivået. Simuleringene tar hensyn til potensielle utfall i markedet, som vil gi et styrket estimat. Et konstant volatilitetsnivå utover tidsperioden til den underliggende eiendelen, er lavere enn stokastisk volatilitet. Noe som kan skyldes at det ikke blir lagt opp til uforutsette utfall eller kontinuerlig variasjon (Chockalingam & Muthuraman, 2011, s. 793). Dersom det benyttes et stokastisk volatilitetsnivå utover i tidsperioden til eiendelen, legges det til rette for å utnytte uforutsette utfall. Handlinger basert på uforutsette utfall i markedet, kan bli nøytralisert gjennom ulike opsjonstyper (Wiggins, 1987, s. 368). Den kontinuerlige økningen på volatilitetsnivået gjennom geometrisk Brownsk bevegelse, gir tilfeldige utfall som ikke vil korrelere med verdien på den underliggende variabelen. Dette resulterte i en økning i det stokastiske volatilitetsnivået utover i tidsperioden fra 19,30% til 22,03%. Dersom det hadde vært en større kontinuerlig økning i det stokastiske volatilitetsnivået ville utslaget vært høyere.

I figur 16 vises verdiene opsjonstypene prosentvis genererer med å benytte stokastisk volatilitet, sett opp mot å holde volatilitetsnivået konstant utover eiendelens levetid. Det er størst prosentvis økning på eiendelsverdien av å benytte en venteopsjon, framfor ekspansjons- og nedskaleringsopsjon.



Figur 16: Prosentvis økning i eiendelsverdiene av å øke usikkerheten.

Ut ifra figuren kommer det frem at de ulike opsjonene blir påvirket i ulik grad når kompleksiteten øker. Dette skyldes at ekspansjons- og nedskaleringsopsjonen tar utgangspunkt i en mindre andel av eiendelens avkastning. Jo større andel av eiendelsverdien som blir utsatt for økt kompleksitet, desto høyere vil trade-off verdien være (Kodukula & Papudesi, 2006, s. 58-59). På venteopsjon vil det være en trade-off verdien på tilsvarende 1 053 648, en økning på 23,18%. Denne verdien resulteres på grunn av det økte volatilitetsnivået utover i tidsperioden. Verdien fra venteopsjon er betydelig større enn ekspansjonsverdien på 369 394 og nedskaleringsverdien på 297 778, noe som tilsvarer en økning på 6,23% og 5,78%. Resultatet indikerer at fleksibiliteten som tilhører ekspansjons- og nedskaleringsopsjonen vil øke eiendelsverdien, men ikke nok til at investeringen er lønnsom. De risikonøytrale sannsynlighetene indikerer at det ikke vil være tilstrekkelig nok til å øke eiendelsverdien ytterligere. Det kan være hensiktsmessig for innehaver å øke eller redusere skaleringsfaktoren for å få en nåverdi over 0. Copeland og Antikarov (2003, s. 13), og Trigeorgis (1996, s. 11) poengterer at dersom det er negativ eiendelsverdi, vil det være mest hensiktsmessig å skalere ned eller opp eiendelen, for å redusere tap eller øke avkastningen.

En annen faktor som kan ha påvirkning på eiendelsverdiene, er bevegelsene i det binomiske treet. Stokastisk volatilitet vil generere flere utfall og flere parametere som påvirker verdien. Sett opp mot å holde volatilitetsnivået konstant, vil realopsjonsparameterne gi mindre utfall som vil påvirke verdien. En årsak til den store økningen i eiendelsverdien til venteopsjon, kan skyldes at alle negative

verdier bortfaller i det binomiske treet. Grunnen til at de negative verdiene bortfaller, er at venteopsjonen legger til rette for en invester-eller-ikke prosess. I tilfellene der verdien av å ikke utføre handlingen overstiger verdien av å utføre den, vil investeringen ikke bli gjennomført. Basert på våre beregninger, kan det tyde på at det ikke skyldes andre faktorer for økning i eiendelsverdien, enn endringen i volatilitetsnivået.

7 Avslutning

Vi ønsker i dette kapittelet å besvare avhandlingens problemstilling: **Hva får en praktiker igjen av relativ verdiøkning når kompleksiteten i verdianalysene går fra statisk nåverdi til realopsjoner med stokastisk volatilitet?** Deretter komme vi med studiens begrensninger, samt forslag til videre forskning.

7.1 Konklusjon

Realopsjonsanalysen har gjennom verdsettelsen med konstant og stokastisk volatilitet mot vente-, ekspansjons- og nedskaleringsopsjon gitt resultater. Det å øke kompleksiteten resulterte i ulike verdier på eiendelen. Resultatene av å tilføye ledelsesmessig fleksibilitet i verdsettelse med konstant volatilitet, gir betydelig høyere verdi enn statisk nåverdi som ikke inkluderer verdien av fleksibilitet. Ved å øke kompleksiteten ytterligere med stokastisk volatilitet, fremkommer det en høyere eiendelsverdi. Verdien fra statisk nåverdi til venteopsjon med konstant volatilitet, ga en økning på 144%. Venteopsjon med stokastisk volatilitet økte verdien på den underliggende med 23,18%. Økt kompleksitet på ekspansjons- og nedskaleringsopsjon økte også verdien på den underliggende, men ga ikke like stort utslag som venteopsjon. Dette antyder at det å eksponere en andel av eiendelen, vil føre til at eiendelsverdien blir påvirket i mindre grad. Resultatene indikerer at en praktiker vil få størst relativ verdiøkning av å inkludere ledelsesmessig fleksibilitet, fremfor å øke usikkerheten ytterligere. Noe som tilsier at verdien fra statisk nåverdi uten fleksibilitet, til en realopsjonsanalyse med inkludering av fleksibilitet gir en høyere relativ verdiøkning, fremfor realopsjoner med stokastisk volatilitet.

Vi ser imidlertid av funnene, at økt kompleksitet fører til mer forutsetninger og antagelser som må være til stede, for at det skal være mulig å estimere en valid verdi. Resultatene fra våre analyser er verdimaksimerende, og øker eiendelsverdien betraktelig. Funnene gir viktige indikasjoner på at det vil være hensiktsmessig å inkludere ledelsesmessig fleksibilitet i verdsettingen av opsjonstypene, framfor en tradisjonell nåverdiberegning. Likevel, vil vi ikke konkludere at modellene som har blitt anvendt i studiet er valide og reliable nok, til å anse som et beslutningsgrunnlag.

7.2 Begrensninger

Resultatene som genereres gjennom analysene bygger på en rekke forutsetninger. En avgjørende betydning for avhandlingen var å kunne implementere økt kompleksitet i form av stokastisk volatilitet, inn i en dynamisk modell. Dette har ført til at vi må strekke oss til dynamiske modeller som tillater å gjøre kontinuerlige endringer i variablene utover tidsperiodene.

Som nevnt i kapittel 3.3, bygger store deler av beregningene i studiet på forutsetninger. En betydelig begrensning for avhandlingen kommer av at disse forutsetningene er nødvendige for å kunne gjennomføre analysene. Monte Carlo-simulering og geometrisk Brownsk bevegelse er forutsetninger som er avgjørende, og har stor påvirkning på hvordan resultatene vil fremkomme. Tilnærmingene bidrar til at observasjonene blir normalfordelt, noe som fører til en begrensning i form av at ekstremverdier bortfaller. Dette kan føre til at viktig tallmateriale utgår.

Market asset disclaimer forutsetter at eiendelens verdi uten fleksibilitet blir satt som markedsverdien, på grunn av mangel på markedslivviditet. For å oppnå et objektivt resultat er det hensiktsmessig å innhente så mye informasjon som mulig fra markedet. I avhandlingens tilfelle er tallgrunnlaget innhentet fra en ekstern kilde, hvor en forutsetning om at dette stemmer overens med markedet foreligger. Dette bidrar til en begrensning for studiet, da beregning av verdien til den underliggende eiendelen muligens ville gitt andre resultater. Dette kan skyldes ytterligere markedsinformasjon som kunne kommet til vår kunnskap, som ikke inngår i den opprinnelige beregningen.

7.3 Videre forskning

Begrepet “realopsjon” har vokst enormt de siste tre tiårene, og det er godt anvendt i litteraturen, men lite utbredt i praksis (Lambrecht, 2017, s. 166). Metoden har på bakgrunn av dette ikke fått stor oppmerksomhet fra beslutningstakere. Det å benytte en tradisjonell nåverdiberegning framfor en mer kompleks modell slik som realopsjonstilnærmingen, er mer akseptert. Dette kan komme av at det er mange forutsetninger som må være tilfredsstillende, for å kunne gjøre tilnærmingen og resultatene gjeldende. Mye av kritikken knyttet til realopsjonstilnærmingen bygger på at analysene i utgangspunktet innehar stor grad av kompleksitet. En utfordring med realopsjonsanalyser er å estimere volatilitetsnivået. En mulighet kan være å sette større fokus på å standardisere verdsettelsesprosessen. Dette ved å legge til rette for enklere tilgang til markedsinformasjon. Det kan også være interessant å se nærmere på hvilket tidspunkt handlingen er verdimaksimerende. På denne

måten kan innehaveren se hvilket tidspunkt det vil lønne seg å utsette, nedskalere eller ekspandere investeringen.

Det som ville vært interessant å forske videre på, er hvordan andre tilnærminger utnytter stokastisk volatilitetsnivå. Vi vil anse det som interessant å se nærmere på hva slags utslag og virkning stokastisk volatilitet vil gi på Black-Scholes-modellen og Monte Carlo-simulering. Et eksempel ville ha vært å se om tilnærmingene ville gitt tilsvarende resultater som binomisk prisingsmodell. En annen mulighet kan være å ha varierende volatilitetsnivå framfor stigende. Hvor det kan bli benyttet en annen simuleringsteknikk framfor geometrisk Brownsk bevegelse, slik som for eksempel *Taylor Expansion Technique*.

En annen mulighet for videre forskning kan være å utføre samme analyse, men med en annen form for verdsettelse. I avhandlingens tilfelle valgte vi å benytte binomisk prisingsmodell, men det kan være interessant å se hvilket utslag et trinominelt gitter gir på opsjonsverdien. For å kunne utføre analysen vil det være avgjørende å ha en programvare som legger til rette for flere utfall.

8 Referanseliste

- Adetunji, O., & Owolabi, A. (2016). The Evolution of Real Options and its Applications in Management: A Review of Literature. *THE INTERNATIONAL JOURNAL OF BUSINESS & MANAGEMENT*.
- Alexander, C. (2008). *Market risk analysis*. Chichester, England ; Hoboken, NJ: Wiley.
- Altham, P. M. E. (1978). Two Generalizations of the Binomial Distribution. *Applied Statistics*, 27(2), 162. <https://doi.org/10.2307/2346943>
- Amram, M., & Kulatilaka, N. (1999). *Real options: Managing strategic investment in an uncertain world*. Boston, Mass: Harvard Business School Press.
- Ang, S. H. (2014). *Research design for business & management*. Los Angeles: SAGE.
- Arriojas, M., Hu, Y., Mohammed, S.-E., & Pap, G. (2007). A Delayed Black and Scholes Formula. *Stochastic Analysis and Applications*, 25(2), 471–492. <https://doi.org/10.1080/07362990601139669>
- Black, F., & Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 81(3), 637–654. <https://doi.org/10.1086/260062>
- Block, S. (2007). Are “Real Options” Actually Used in the Real World? *The Engineering Economist*, 52(3), 255–267. <https://doi.org/10.1080/00137910701503910>
- Bøhren, Ø., Michalsen, D., & Norli, Ø. (2017). *Finans teori og praksis*. Bergen: Fagbokforl.
- Boute, R., Demeulemeester, E., & Herroelen, W. (2004). A real options approach to project management. *International Journal of Production Research*, 42(9), 1715–1725. <https://doi.org/10.1080/00207540310001639946>
- Bowman, E. H., & Moskowitz, G. T. (2001). Real Options Analysis and Strategic Decision Making. *Organization Science*, 12(6), 772–777.
- Brach, M. A. (2003). *Real options in practice*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Brandão, L. E., & Dyer, J. S. (2005). Decision Analysis and Real Options: A Discrete Time Approach to Real Option Valuation. *Annals of Operations Research*, 135(1), 21–39. <https://doi.org/10.1007/s10479-005-6233-9>

- Brandão, L. E., Dyer, J. S., & Hahn, W. J. (2005). Using Binomial Decision Trees to Solve Real-Option Valuation Problems. *Decision Analysis*, 20.
- Carlsson, C., & Fullér, R. (2003). A fuzzy approach to real option valuation. *Fuzzy Sets and Systems*, 139(2), 297–312. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(02\)00591-2](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(02)00591-2)
- Carpenter, J. (2006, februar). *Risk-Neutral Probabilities*.
- Cassimon, D., Engelen, P. J., Thomassen, L., & Van Wouwe, M. (2004). The valuation of a NDA using a 6-fold compound option. *Research Policy*, 33(1), 41–51. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(03\)00089-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(03)00089-1)
- Cheng, Y., Clark, S. P., & Womack, K. S. (2021). A Real Options Model of Real Estate Development with Entitlement Risk. *Real Estate Economics*, 49(1), 106–151. <https://doi.org/10.1111/1540-6229.12282>
- Chockalingam, A., & Muthuraman, K. (2011). American Options Under Stochastic Volatility. *Operations Research*, 59(4), 793–809. <https://doi.org/10.1287/opre.1110.0945>
- Copeland, T. E., & Antikarov, V. (2003). *Real options: A practitioner's guide*. New York: Texere.
- Copeland, T., & Tufano, P. (2004). A Real-World Way to Manage Real Options. *Harvard Business Review*, 13.
- Cox, J. C., Ross, S. A., & Rubinstein, M. (1979). Option pricing: A simplified approach. *Journal of Financial Economics*, 7(3), 229–263. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(79\)90015-1](https://doi.org/10.1016/0304-405X(79)90015-1)
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed). Thousand Oaks: SAGE Publications.
- Čulík, M. (2016). Real options valuation with changing volatility. *Perspectives in Science*, 7, 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.pisc.2015.11.004>
- Damodaran, A. (2002). *Investment valuation: Tools and techniques for determining the value of any asset* (2nd ed). New York: Wiley.
- Damodaran, A. (2008). *Strategic risk taking: A framework for risk management* (2. print). Upper Saddle River, NJ: Wharton School Publ.

- De Meyer, B., & Saley, H. M. (2003). On the strategic origin of Brownian motion in finance. *International Journal of Game Theory*, 31(2), 285–319.
- Dewi, N. F., Azam, S. M. F., & Yusof, S. K. M. (2019). Factors influencing the information quality of local government financial statement and financial accountability. *Management Science Letters*, 1373–1384. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2019.5.013>
- Dixit, A. K., & Pindyck, R. S. (1994). *Investment under uncertainty*. Princeton, N.J: Princeton University Press.
- Fabozzi, F. J., Anson, M. J. P., & Fabozzi, F. J. (2007). *Fixed income analysis* (2nd ed). Hoboken, N.J: Wiley.
- Frankfort-Nachmias, C., Nachmias, D., & DeWaard, J. (2015). *Research methods in the social sciences* (Eighth edition). New York, NY: Worth Publishers, a Macmillan Education Company.
- French, N., & Gabrielli, L. (2005). Discounted cash flow: Accounting for uncertainty. *Journal of Property Investment & Finance*, 23(1), 75–89. <https://doi.org/10.1108/14635780510575102>
- Gallo, A. (2014). A Refresher on Net Present Value. *Harvard Business Review*, 3.
- Geske, R. (1979). The valuation of compound options. *Journal of Financial Economics*, 7(1), 63–81. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(79\)90022-9](https://doi.org/10.1016/0304-405X(79)90022-9)
- Gibbert, M., Ruigrok, W., & Wicki, B. (2008). What passes as a rigorous case study? *Strategic Management Journal*, 29(13), 1465–1474. <https://doi.org/10.1002/smj.722>
- Gillespie, D. T. (1996). Exact numerical simulation of the Ornstein-Uhlenbeck process and its integral. *Physical Review E*, 54(2), 2084–2091. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.54.2084>
- Godinho, P. (2006). *Monte Carlo Estimation of Project Volatility for Real Options Analysis* (SSRN Scholarly Paper Nr. ID 926169). Rochester, NY: Social Science Research Network. Hentet fra Social Science Research Network website: <https://papers.ssrn.com/abstract=926169>
- Graham, J. R., & Harvey, C. R. (2001). The theory and practice of corporate finance: Evidence from the field. *Journal of Financial Economics*, 60(2–3), 187–243. [https://doi.org/10.1016/S0304-405X\(01\)00044-7](https://doi.org/10.1016/S0304-405X(01)00044-7)

- Gripsrud, G., Olsson, U. H., & Silkoset, R. (2016). *Metode og dataanalyse: Beslutningsstøtte for bedrifter ved bruk av JMP, Excel og SPSS*. Oslo: Cappelen Damm akademisk.
- Grønmo, S. (2016). *Samfunnsvitenskapelige metoder*. Fakkbokforlaget.
- Guthrie, G. (2011). Learning Options and Binomial Trees. *Wilmott Journal*, 3(1), 1–23.
<https://doi.org/10.1002/wilj.42>
- Guthrie, G. A. (2009). *Real options in theory and practice*. Oxford ; New York: Oxford University Press.
- Haahtela, T. (2012). Differences between financial options and real options. *Lecture Notes in Management Science*, 4, 169–178.
- Haahtela, T. J. (2010). Recombining Trinomial Tree for Real Option Valuation with Changing Volatility. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1932411>
- Han, H. J. (2007). *ESTIMATING PROJECT VOLATILITY AND DEVELOPING DECISION SUPPORT SYSTEM IN REAL OPTIONS ANALYSIS*.
- Heale, R., & Twycross, A. (2015). Validity and reliability in quantitative studies. *Evidence-based nursing*, 18(3), 66–67.
- Herath, H. S. B., & Park, C. S. (1999). ECONOMIC ANALYSIS OF R&D PROJECTS: AN OPTIONS APPROACH. *The Engineering Economist*, 44(1), 1–35.
<https://doi.org/10.1080/00137919908967506>
- Herath, H. S. B., & Park, C. S. (2002). MULTI-STAGE CAPITAL INVESTMENT OPPORTUNITIES AS COMPOUND REAL Options. *The Engineering Economist*, 47(1), 1–27.
<https://doi.org/10.1080/00137910208965021>
- Ho, S.-H., & Liao, S.-H. (2011). A fuzzy real option approach for investment project valuation. *Expert Systems with Applications*, 38(12), 15296–15302. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.06.010>
- Horn, A., Kjærland, F., Molnár, P., & Steen, B. W. (2015). The use of real option theory in Scandinavia's largest companies. *International Review of Financial Analysis*, 41, 74–81.
<https://doi.org/10.1016/j.irfa.2015.05.026>

- Hui, E. C., & Fung, H. H. (2009). Real estate development as real options. *Construction Management and Economics*, 27(3), 221–227. <https://doi.org/10.1080/01446190902759017>
- Hull, J. (2018). *Options, futures, and other derivatives* (Ninth Edition, Global Edition). Harlow: Pearson Education.
- Hull, J. C. (2012). *Options, futures, and other derivatives [Medienkombination]. Bd. 1=: Buch*. Boston, Mass.: Pearson.
- Hull, J., & White, A. (1987). The Pricing of Options on Assets with Stochastic Volatilities. *The Journal of Finance*, 42(2), 281–300. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1987.tb02568.x>
- Insley, M., & Rollins, K. (2005). On Solving the Multirotational Timber Harvesting Problem with Stochastic Prices: A Linear Complementarity Formulation. *American Journal of Agricultural Economics*, 87(3), 735–755. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2005.00759.x>
- Iqbal, A. S. (2018). *Volatility: Practical options theory*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Johannessen, A., Christoffersen, L., & Tufte, P. A. (2016). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*. Oslo: Abstrakt.
- Johansen, A. (2019). *Project risk and opportunity management: An owner's perspective*. London ; New York: Routledge Taylor & Francis Group.
- Kelly, S. (1998). A binomial lattice approach for valuing a mining property IPO. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 38(3), 693–709. [https://doi.org/10.1016/S1062-9769\(99\)80097-0](https://doi.org/10.1016/S1062-9769(99)80097-0)
- Kjærland, F. (2007). A real option analysis of investments in hydropower—The case of Norway. *Energy Policy*, 35(11), 5901–5908. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.07.021>
- Kodukula, P., & Papudesu, C. (2006). *Project valuation using real options: A practitioner's guide*. Ft. Lauderdale, Fla: J. Ross Pub.
- Koller, T., Goedhart, M. H., Wessels, D., & Copeland, T. E. (2010). *Valuation: Measuring and managing the value of companies* (5th ed). Hoboken, N.J: John Wiley & Sons, Inc.
- Kvale, S., Brinkmann, S., Anderssen, T. M., & Rygge, J. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju*. Oslo: Gyldendal akademisk.

- Lambrecht, B. M. (2017). Real options in finance. *Journal of Banking & Finance*, 81, 166–171.
<https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2017.03.006>
- Larsen, A. K. (2017). *En enklere metode veiledning i samfunnsvitenskapelig forskningsmetode*. Bergen: Fagbokforl.
- Lee, S.-C. (2011). Using real option analysis for highly uncertain technology investments: The case of wind energy technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4443–4450.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.107>
- Li, J., Li, Y., & Rugman, A. (2013). *Real Options Theory and International Investment Strategy: Past, Present and Future*. <https://doi.org/10.4337/9781847201935.00026>
- Longstaff, F. A. (1995). Option Pricing and the Martingale Restriction. *The Review of Financial Studies*, 8(4), 1091–1124.
- Lucius, D. I. (2001). Real options in real estate development. *Journal of Property Investment & Finance*, 19(1), 73–78. <https://doi.org/10.1108/14635780110365370>
- Lynch, J., & Shockley, R. (2016). Valuation of a Developmental Drug as a Real Option. *Journal of Applied Corporate Finance*, 28(3), 118–126. <https://doi.org/10.1111/jacf.12198>
- Magni, C. A. (2015). Investment, financing and the role of ROA and WACC in value creation. *European Journal of Operational Research*, 244(3), 855–866. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.02.010>
- Marathe, R. R., & Ryan, S. M. (2005). On The Validity of The Geometric Brownian Motion Assumption. *The Engineering Economist*, 50(2), 159–192.
<https://doi.org/10.1080/00137910590949904>
- McPhee, P. (u.å.). Black Scholes Model: Calculator, Formula, VBA Code and More... Hentet 9. mai 2021, fra <https://www.optiontradingtips.com/pricing/black-and-scholes.html>
- Medvedev, A., & Scaillet, O. (2010). Pricing American options under stochastic volatility and stochastic interest rates. *Journal of Financial Economics*, 98(1), 145–159.
<https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2010.03.017>
- Møller, B. (2012). *Verdivurdering av fast eiendom*.

- Mun, J. (2002). *Real options analysis: Tools and techniques for valuing strategic investments and decisions*. New York: John Wiley & Sons.
- Mun, J. (2006). *Real options analysis: Tools and techniques for valuing strategic investments and decisions* (2nd ed). Hoboken, N.J: John Wiley & Sons.
- Myers, S. C. (1977). Determinants of corporate borrowing. *Journal of Financial Economics*, 5(2), 147–175. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(77\)90015-0](https://doi.org/10.1016/0304-405X(77)90015-0)
- Newton, D. P., & Pearson, A. W. (1994). Application of option pricing theory to R&D. *R&D Management*, 24(1), 083–089. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.1994.tb00849.x>
- Parker, R. H. (1968). Discounted Cash Flow in Historical Perspective. *Journal of Accounting Research*, 6(1), 58. <https://doi.org/10.2307/2490123>
- Peña, I., Rubio, G., & Serna, G. (1999). Why do we smile? On the determinants of the implied volatility function. *Journal of Banking & Finance*, 23(8), 1151–1179. [https://doi.org/10.1016/S0378-4266\(98\)00134-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4266(98)00134-4)
- Pringles, R., Olsina, F., & Garcés, F. (2015). Real option valuation of power transmission investments by stochastic simulation. *Energy Economics*, 47, 215–226. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.11.011>
- Quigg, L. (1993). Empirical Testing of Real Option-Pricing Models. *The Journal of Finance*, 48(2), 621–640. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1993.tb04730.x>
- Ringdal, K. (2013). *Enhet og mangfold samfunnsvitenskaplig forskning og kvantitativ metode*. Bergen: Fagbokforl.
- Rubinstein, M. (1994). Implied Binomial Trees. *The Journal of Finance*, 49(3), 771–818. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1994.tb00079.x>
- Rubinstein, M. (1998). Edgeworth binomial trees. *Journal of Derivatives*, 5, 20–27.
- Ruffino, D. (2010). Real Options. I R. Cont (Red.), *Encyclopedia of Quantitative Finance* (s. eqf03014). Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470061602.eqf03014>

- Saunders, M. N. K., Lewis, P., & Thornhill, A. (2016). *Research methods for business students* (Seventh edition). New York: Pearson Education.
- Schöbel, R., & Zhu, J. (1999). Stochastic Volatility With an Ornstein–Uhlenbeck Process: An Extension. *Review of Finance*, 3(1), 23–46. <https://doi.org/10.1023/A:1009803506170>
- Shen, J., & Pretorius, F. (2013). Binomial option pricing models for real estate development. *Journal of Property Investment & Finance*, 31(5), 418–440. <https://doi.org/10.1108/JPIF-10-2012-0046>
- Shrieves, R. E., & Wachowicz, J. M. (2001). FREE CASH FLOW (FCF), ECONOMIC VALUE ADDED (EVA™), AND NET PRESENT VALUE (NPV):. A RECONCILIATION OF VARIATIONS OF DISCOUNTED-CASH-FLOW (DCF) VALUATION. *The Engineering Economist*, 46(1), 33–52. <https://doi.org/10.1080/00137910108967561>
- Sigman, K. (2006). Geometric brownian motion. *Informally published manuscript, Columbia University*.
- Statsobligasjoner daglige noteringer. (u.å.). Hentet 14. april 2021, fra <https://www.norges-bank.no/tema/Statistikk/Rentestatistikk/Statsobligasjoner-Rente-Daglige-noteringer/>
- Tas, O., & Ersen, H. Y. (2012). Real option valuation in investment projects. *Journal of Applied Finance and Banking*, 2(5), 177.
- Teisberg, E. O. (1994). An Option Valuation Analysis of Investment Choices by a Regulated Firm. *Management Science*, 40(4), 535–548. <https://doi.org/10.1287/mnsc.40.4.535>
- Titman, S. (1985). Urban land prices under uncertainty. *The American Economic Review*, 75(3), 505–514.
- Trigeorgis, L. (1996). *Real options: Managerial flexibility and strategy in resource allocation*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Van Putten, A. B., & MacMillan, I. C. (2004). Making real options really work. *Harvard business review*, 82(12), 134–142.
- Wang, A., & Halal, W. (2010). Comparison of real asset valuation models: A literature review. *International Journal of Business and Management*, 5(5), 14–24.

Wiggins, J. B. (1987). Option values under stochastic volatility: Theory and empirical estimates. *Journal of Financial Economics*, 19(2), 351–372. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(87\)90009-2](https://doi.org/10.1016/0304-405X(87)90009-2)

Zhang, M., Liu, L., Wang, Q., & Zhou, D. (2020). Valuing investment decisions of renewable energy projects considering changing volatility. *Energy Economics*, 92, 104954.

<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104954>

9 Vedlegg

9.1 Sluttnoder for stokastisk volatilitet

Vedleggene i dette delkapittelet viser verdiene som fremkommer i sluttnodene til det binomiske treet. Tallresultatene har blitt beregnet med Microsoft Excel. Det er 1024 sluttnoder for verdiutviklingen til eiendelen, og de ulike opsjonstypene.

9.1.1 Verdiutvikling

Verdiutvikling for den underliggende eiendelen med stokastisk volatilitet, verdi i øverste node er 489 529 301 og verdi i nederste node er 7 907 670

489 529 301	327 052 783	328 930 903	219 757 565	330 665 621	220 916 524	222 185 151	148 441 108
315 116 157	210 527 982	211 736 952	141 460 704	212 853 612	142 206 740	143 023 371	95 553 405
317 268 220	211 965 768	213 182 994	142 426 799	214 307 280	143 177 931	144 000 139	96 205 980
204 229 536	136 445 026	137 228 570	91 681 919	137 952 287	92 165 432	92 694 697	61 928 997
319 176 265	213 240 526	214 465 073	143 283 351	215 596 120	144 039 000	144 866 153	96 784 561
205 457 769	137 265 604	138 053 860	92 233 292	138 781 929	92 719 713	93 252 161	62 301 437
206 860 928	138 203 049	138 996 689	92 863 193	139 729 730	93 352 935	93 889 020	62 726 920
133 158 976	88 963 038	89 473 914	59 777 203	89 945 782	60 092 456	60 437 541	40 378 106
321 437 796	214 751 447	215 984 670	144 298 589	217 123 732	145 059 592	219 757 565	97 470 330
206 913 545	138 238 202	139 032 044	92 886 813	139 765 272	93 376 681	93 912 902	62 742 875
208 326 646	139 182 290	139 981 553	93 521 177	140 719 789	94 014 390	94 554 273	63 171 373
134 102 477	89 593 388	90 107 883	60 200 756	90 583 095	60 518 243	60 865 773	40 664 206
209 579 518	140 019 330	140 823 400	94 083 612	141 566 075	94 579 791	95 122 921	63 551 285
134 908 967	90 132 201	90 649 790	60 562 802	91 127 860	60 882 199	61 231 818	40 908 760
135 830 318	90 747 752	91 268 876	60 976 411	91 750 211	61 297 989	61 649 997	41 188 143
87 435 681	58 415 467	58 750 922	39 251 282	59 060 763	39 458 285	39 684 877	26 513 325
323 247 660	215 960 611	217 200 778	145 111 066	218 346 253	145 876 354	146 714 058	98 019 140
208 078 577	139 016 556	139 814 868	93 409 815	140 552 224	93 902 440	94 441 681	63 096 151
209 499 635	139 965 960	140 769 723	94 047 751	141 512 115	94 543 740	95 086 664	63 527 061
134 857 545	90 097 846	90 615 238	60 539 718	91 093 125	60 858 993	61 208 479	40 893 167
210 759 562	140 807 713	141 616 310	94 613 352	142 363 167	95 112 325	95 658 513	63 909 112
135 668 576	90 639 692	91 160 196	60 903 803	91 640 958	61 224 997	61 576 586	41 139 098
136 595 115	91 258 710	91 782 768	61 319 741	92 266 813	61 643 129	61 997 119	41 420 054
87 927 990	58 744 377	59 081 720	39 472 287	59 393 306	39 680 456	39 908 324	26 662 609
212 252 904	141 805 409	142 619 735	95 283 737	143 371 884	95 786 245	96 336 304	64 361 942
136 629 859	91 281 922	91 806 114	61 335 338	92 290 282	61 658 809	62 012 888	41 430 590
137 562 963	91 905 326	92 433 097	61 754 223	92 920 572	62 079 903	62 436 401	41 713 537
88 551 006	59 160 612	59 500 345	39 751 969	59 814 139	39 961 613	40 191 095	26 851 527
138 390 264	92 458 042	92 988 988	62 125 612	93 479 394	62 453 250	62 811 892	41 964 401
89 083 550	59 516 403	59 858 179	39 991 036	60 173 860	40 201 941	40 432 804	27 013 012
89 691 940	59 922 866	60 266 976	40 264 152	60 584 813	40 476 498	40 708 936	27 197 495
57 735 828	38 573 101	38 794 609	25 918 540	38 999 205	26 055 230	26 204 853	17 507 369
325 270 007	217 311 733	218 559 659	146 018 930	219 712 301	146 789 006	147 631 951	98 632 381
209 380 387	139 886 291	140 689 597	93 994 219	141 431 566	94 489 926	95 032 540	63 490 902
210 810 335	140 841 634	141 650 426	94 636 145	142 397 463	95 135 238	95 681 558	63 924 508
135 701 259	90 661 528	91 182 158	60 918 475	91 663 035	61 239 747	61 591 420	41 149 008
212 078 145	141 688 653	142 502 309	95 205 285	143 253 839	95 707 380	96 256 985	64 308 949
136 517 364	91 206 765	91 730 525	61 284 837	92 214 294	61 608 042	61 961 830	41 396 478
137 449 700	91 829 655	92 356 992	61 703 378	92 844 065	62 028 789	62 384 994	41 679 192
88 478 097	59 111 902	59 451 355	39 719 239	59 764 890	39 928 710	40 158 004	26 829 419
213 580 830	142 692 592	143 512 013	95 879 865	144 268 867	96 385 517	96 939 016	64 764 612
137 484 661	91 853 013	92 380 484	61 719 073	92 867 681	62 044 567	62 400 862	41 689 794
138 423 603	92 480 316	93 011 390	62 140 579	93 501 914	62 468 296	62 827 024	41 974 511
89 105 011	59 530 741	59 872 600	40 000 671	60 188 356	40 211 626	40 442 544	27 019 520
139 256 080	93 036 491	93 570 759	62 514 291	94 064 233	62 843 979	63 204 865	42 226 945
89 640 887	59 888 757	60 232 672	40 241 234	60 550 328	40 453 458	40 685 765	27 182 015
90 253 083	60 297 763	60 644 027	40 516 058	60 963 852	40 729 732	40 963 625	27 367 652
58 097 043	38 814 427	39 037 321	26 080 695	39 243 197	26 218 240	26 368 800	17 616 901
214 783 402	143 496 026	144 320 061	96 419 719	145 081 177	96 928 218	97 484 834	65 129 271
138 258 773	92 370 194	92 900 635	62 066 584	93 390 575	62 393 911	62 752 212	41 924 529
139 203 001	93 001 029	93 535 093	62 490 463	94 028 379	62 820 025	63 180 773	42 210 850
89 606 719	59 865 930	60 209 714	40 225 895	60 527 248	40 438 039	40 670 257	27 171 654
140 040 165	93 560 336	94 097 612	62 866 279	94 593 864	63 197 824	63 560 741	42 464 705
90 145 612	60 225 963	60 571 814	40 467 813	60 891 258	40 681 233	40 914 847	27 335 064
90 761 255	60 637 272	60 985 485	40 744 185	61 307 110	40 959 062	41 194 272	27 521 747
58 424 160	39 032 973	39 257 122	26 227 544	39 464 157	26 365 863	26 517 270	17 716 094
141 032 423	94 223 260	94 764 343	63 311 720	95 264 111	63 645 614	64 011 102	42 765 590
90 784 341	60 652 695	61 000 997	40 754 549	61 322 704	40 969 481	41 204 750	27 528 747
91 404 346	61 066 918	61 417 599	41 032 879	61 741 504	41 249 279	41 486 155	27 716 753
58 838 125	39 309 542	39 535 280	26 413 379	39 743 781	26 552 679	26 705 159	17 841 622
91 954 050	61 434 174	61 786 963	41 279 650	62 112 816	41 497 351	41 735 652	27 883 441
59 191 977	39 545 949	39 773 044	26 572 229	39 982 799	26 712 366	26 865 763	17 948 921
59 596 224	39 816 025	40 044 671	26 753 702	40 255 859	26 894 796	27 049 241	18 071 502
38 362 838	25 630 075	25 777 257	17 221 694	25 913 202	17 312 518	17 411 936	11 632 852

332 767 590	222 320 842	223 597 533	149 384 716	224 776 743	150 172 542	151 034 917	100 905 890
214 206 675	143 110 717	143 932 539	96 160 817	144 691 612	96 667 950	97 223 072	64 954 388
215 669 584	144 088 081	144 915 516	96 817 540	145 679 773	97 328 137	97 887 050	65 397 970
138 829 219	92 751 307	93 283 937	62 322 666	93 775 898	62 651 344	63 011 123	42 097 507
216 966 617	144 954 624	145 787 035	97 399 799	146 555 888	97 913 467	98 475 741	65 791 292
139 664 135	93 309 112	93 844 945	62 697 473	94 339 865	63 028 128	63 390 071	42 350 681
140 617 962	93 946 359	94 485 852	63 125 661	94 984 152	63 458 574	63 822 989	42 639 911
90 517 547	60 474 451	60 821 729	40 634 781	61 142 491	40 849 081	41 083 659	27 447 846
218 503 940	145 981 704	146 820 013	98 089 928	147 594 313	98 607 235	99 173 493	66 257 458
140 653 729	93 970 256	94 509 886	63 141 718	95 008 312	63 474 715	63 839 223	42 650 757
141 614 314	94 612 019	95 155 334	63 572 940	95 657 165	63 908 211	64 275 208	42 942 038
91 158 912	60 902 944	61 252 683	40 922 699	61 575 718	41 138 518	41 374 758	27 642 329
142 465 979	95 181 014	95 727 596	63 955 266	96 232 445	64 292 554	64 661 758	43 200 290
91 707 139	61 269 213	61 621 056	41 168 808	61 946 033	41 385 924	41 623 585	27 808 569
92 333 447	61 687 647	62 041 892	41 449 967	62 369 089	41 668 566	41 907 851	27 998 486
59 436 199	39 709 113	39 937 145	26 681 864	40 147 766	26 822 579	26 976 610	18 022 977
219 734 232	146 803 658	147 646 687	98 642 226	148 425 347	99 162 446	99 731 892	66 630 522
141 445 684	94 499 358	95 042 026	63 497 239	95 543 259	63 832 111	64 198 671	42 890 904
142 411 677	95 144 734	95 691 109	63 930 889	96 195 765	64 268 048	64 637 111	43 183 824
91 672 184	61 245 860	61 597 568	41 153 116	61 922 422	41 370 149	41 607 720	27 797 970
143 268 138	95 716 933	96 266 593	64 315 368	96 774 285	64 654 555	65 025 838	43 443 531
92 223 499	61 614 191	61 968 015	41 400 610	62 294 822	41 618 949	41 857 948	27 965 146
92 853 333	62 034 981	62 391 221	41 683 352	62 720 260	41 903 182	42 143 814	28 156 132
59 770 856	39 932 696	40 162 012	26 832 097	40 373 819	26 973 605	27 128 502	18 124 456
144 283 268	96 395 138	96 948 693	64 771 076	97 459 981	65 112 666	65 486 580	43 751 351
92 876 951	62 050 760	62 407 091	41 693 955	62 736 213	41 913 841	42 154 534	28 163 294
93 511 247	62 474 531	62 833 295	41 978 701	63 164 666	42 200 088	42 442 425	28 355 633
60 194 364	40 215 640	40 446 581	27 022 217	40 659 888	27 164 727	27 320 722	18 252 877
94 073 622	62 850 252	63 211 173	42 231 160	63 544 537	42 453 879	42 697 673	28 526 163
60 556 372	40 457 496	40 689 826	27 184 728	40 904 416	27 328 095	27 485 028	18 362 649
60 969 937	40 733 798	40 967 714	27 370 384	41 183 770	27 514 730	27 672 735	18 488 056
39 247 114	26 220 857	26 371 432	17 618 660	26 510 510	17 711 577	17 813 287	11 900 994
221 108 964	147 722 111	148 570 415	99 259 365	149 353 946	99 782 840	100 355 849	67 047 385
142 330 616	95 090 578	95 636 641	63 894 499	96 141 010	64 231 467	64 600 320	43 159 244
143 302 652	95 739 992	96 289 785	64 330 862	96 797 598	64 670 131	65 041 503	43 453 997
92 245 716	61 629 035	61 982 943	41 410 584	62 309 829	41 628 975	41 868 032	27 971 883
144 164 472	96 315 770	96 868 870	64 717 747	97 379 737	65 059 056	65 432 661	43 715 328
92 800 480	61 999 671	62 355 707	41 659 626	62 684 559	41 879 331	42 119 826	28 140 105
93 434 255	62 423 093	62 781 561	41 944 138	63 112 659	42 165 343	42 407 480	28 332 286
60 144 803	40 182 529	40 413 279	26 999 968	40 626 411	27 142 361	27 298 227	18 237 848
145 185 953	96 998 218	97 555 236	65 176 306	98 069 724	65 520 033	65 896 286	44 025 074
93 458 021	62 438 971	62 797 530	41 954 806	63 128 712	42 176 068	42 418 267	28 339 493
94 096 285	62 865 393	63 226 402	42 241 334	63 559 845	42 464 106	42 707 959	28 533 035
60 570 960	40 467 243	40 699 628	27 191 277	40 914 270	27 334 678	27 491 649	18 367 073
94 662 179	63 243 464	63 606 644	42 495 372	63 942 093	42 719 485	42 964 804	28 704 633
60 935 233	40 710 612	40 944 395	27 354 805	41 160 328	27 499 069	27 656 984	18 477 532
61 351 386	40 988 642	41 224 022	27 541 622	41 141 430	27 686 872	27 845 865	18 603 721
39 492 657	26 384 904	26 536 421	17 728 888	26 676 368	17 822 387	17 924 733	11 975 450
146 003 426	97 544 369	98 104 524	65 543 283	98 621 908	65 888 946	66 267 317	44 272 958
93 984 238	62 790 535	63 151 114	42 191 034	63 484 160	42 413 541	42 657 104	28 499 059
94 626 097	63 219 359	63 582 400	42 479 175	63 917 721	42 703 202	42 948 427	28 693 691
60 912 007	40 695 095	40 928 789	27 344 378	41 144 639	27 488 587	27 646 442	18 470 489
95 195 177	63 599 559	63 964 783	42 734 644	64 302 121	42 960 018	43 206 718	28 866 255
61 278 330	40 939 834	41 174 934	27 508 827	41 392 082	27 653 903	27 812 707	18 581 571
61 696 826	41 219 430	41 456 135	27 696 696	41 674 767	27 842 763	28 002 652	18 708 472
39 715 022	26 533 465	26 685 835	17 828 711	26 826 571	17 922 736	18 025 659	12 042 878
95 869 684	64 050 195	64 418 007	43 037 441	64 757 735	43 264 412	43 512 861	29 070 787
61 712 519	41 229 914	41 466 680	27 703 741	41 685 367	27 849 845	28 009 775	18 713 231
62 133 981	41 511 491	41 749 874	27 892 942	41 970 054	28 040 044	28 201 065	18 841 031
39 996 423	26 721 468	26 874 918	17 955 037	27 016 651	18 049 728	18 153 380	12 128 208
62 507 653	41 761 141	42 000 956	28 060 689	42 222 461	28 208 676	28 370 666	18 954 341
40 236 961	26 882 170	27 036 543	18 063 018	27 179 128	18 158 279	18 262 554	12 201 147
40 511 757	27 065 760	27 221 187	18 186 378	27 364 746	18 282 290	18 387 277	12 284 474
26 077 926	17 422 570	17 522 620	11 706 800	17 615 031	11 768 539	11 836 121	7 907 670

9.1.2 Venteopsjon

Verdiene i sluttnodene for venteopsjon med stokastisk volatilitet. Verdien på 416 888 142 er øverste node, deretter 242 474 998. Dette strekker seg videre til nederste node.

416 888 142	254 411 624	256 289 744	147 116 406	258 024 462	148 275 365	149 543 992	75 799 949
242 474 998	137 886 823	139 095 793	68 819 545	140 212 453	69 565 581	70 382 212	22 912 246
244 627 061	139 324 609	140 541 835	69 785 640	141 666 121	70 536 772	71 358 980	23 564 821
131 588 377	63 803 867	64 587 411	19 040 760	65 311 128	19 524 273	20 053 538	-
246 535 106	140 599 367	141 823 914	70 642 192	142 954 961	71 397 841	72 224 994	24 143 402
132 816 610	64 624 445	65 412 701	19 592 133	66 140 770	20 078 554	20 611 002	-
134 219 769	65 561 890	66 355 530	20 222 034	67 088 571	20 711 776	21 247 861	-
60 517 817	16 321 879	16 832 755	-	17 304 623	-	-	-
248 796 637	142 110 288	143 343 511	71 657 430	144 482 573	72 418 433	147 116 406	24 829 171
134 272 386	65 597 043	66 390 885	20 245 654	67 124 113	20 735 522	21 271 743	-
135 685 487	66 541 131	67 340 394	20 880 018	68 078 630	21 373 231	21 913 114	-
61 461 318	16 952 229	17 466 724	-	17 941 936	-	-	-
136 938 359	67 378 171	68 182 241	21 442 453	68 924 916	21 938 632	22 481 762	-
62 267 808	17 491 042	18 008 631	-	18 486 701	-	-	-
63 189 159	18 106 593	18 627 717	-	19 109 052	-	-	-
14 794 522	-	-	-	-	-	-	-
250 606 501	143 319 452	144 559 619	72 469 907	145 705 094	73 235 195	74 072 899	25 377 981
135 437 418	66 375 397	67 173 709	20 768 656	67 911 065	21 261 281	21 800 522	-
136 858 476	67 324 801	68 128 564	21 406 592	68 870 956	21 902 581	22 445 505	-
62 216 386	17 456 687	17 974 079	-	18 451 966	-	-	-
138 118 403	68 166 554	68 975 151	21 972 193	69 722 008	22 471 166	23 017 354	-
63 027 417	17 998 533	18 519 037	-	18 999 799	-	-	-
63 953 956	18 617 551	19 141 609	-	19 625 654	-	-	-
15 286 831	-	-	-	-	-	-	-
139 611 745	69 164 250	69 978 576	22 642 578	70 730 725	23 145 086	23 695 145	-
63 988 700	18 640 763	19 164 955	-	19 649 123	-	-	-
64 921 804	19 264 167	19 791 938	-	20 279 413	-	-	-
15 909 847	-	-	-	-	-	-	-
65 749 105	19 816 883	20 347 829	-	20 838 235	-	-	-
16 442 391	-	-	-	-	-	-	-
17 050 781	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
252 628 848	144 670 574	145 918 500	73 377 771	147 071 142	74 147 847	74 990 792	25 991 222
136 739 228	67 245 132	68 048 438	21 353 060	68 790 407	21 848 767	22 391 381	-
138 169 176	68 200 475	69 009 267	21 994 986	69 756 304	22 494 079	23 040 399	-
63 060 100	18 020 369	18 540 999	-	19 021 876	-	-	-
139 436 986	69 047 494	69 861 150	22 564 126	70 612 680	23 066 221	23 615 826	-
63 876 205	18 565 606	19 089 366	-	19 573 135	-	-	-
64 808 541	19 188 496	19 715 833	-	20 202 906	-	-	-
15 836 938	-	-	-	-	-	-	-
140 939 671	70 051 433	70 870 854	23 238 706	71 627 708	23 744 358	24 297 857	-
64 843 502	19 211 854	19 739 325	-	20 226 522	-	-	-
65 782 444	19 839 157	20 370 231	-	20 860 755	-	-	-
16 463 852	-	-	-	-	-	-	-
66 614 921	20 395 332	20 929 600	-	21 423 074	-	-	-
16 999 728	-	-	-	-	-	-	-
17 611 924	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
142 142 243	70 854 867	71 678 902	23 778 560	72 440 018	24 287 059	24 843 675	-
65 617 614	19 729 035	20 259 476	-	20 749 416	-	-	-
66 561 842	20 359 870	20 893 934	-	21 387 220	-	-	-
16 965 560	-	-	-	-	-	-	-
67 399 006	20 919 177	21 456 453	-	21 952 705	-	-	-
17 504 453	-	-	-	-	-	-	-
18 120 096	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
68 391 264	21 582 101	22 123 184	-	22 622 952	-	-	-
18 143 182	-	-	-	-	-	-	-
18 763 187	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
19 312 891	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

9.1.3 Ekspansjonsopsjon

Ekspansjonsopsjon med stokastisk volatilitet, 614 595 743 er verdien i øverste node, 7 907 670 er verdien i nederste node.

614 595 743	403 376 270	405 817 827	263 892 487	408 072 960	265 399 134	267 048 349	171 181 093
387 858 656	251 894 029	253 465 690	162 106 567	254 917 348	163 076 414	164 138 035	102 427 079
390 656 338	253 763 151	255 345 545	163 362 491	256 807 117	164 338 962	165 407 833	103 275 426
243 706 049	155 586 186	156 604 793	97 394 147	157 545 625	98 022 713	98 710 759	61 928 997
393 136 796	255 420 336	257 012 247	164 476 009	258 482 608	165 458 352	166 533 651	104 027 582
245 302 751	156 652 987	157 677 670	98 110 982	158 624 160	98 743 279	99 435 462	62 301 437
247 126 858	157 871 616	158 903 348	98 929 803	159 856 302	99 566 468	100 263 379	62 726 920
151 314 321	93 859 601	94 523 740	59 777 203	95 137 168	60 092 456	60 437 541	40 378 106
396 076 787	257 384 533	258 987 724	165 795 818	260 468 504	166 785 122	263 892 487	104 919 082
247 195 261	157 917 316	158 949 309	98 960 510	159 902 506	99 597 337	100 294 425	62 742 875
249 032 292	159 144 630	160 183 671	99 785 183	161 143 378	100 426 359	101 128 208	63 171 373
152 540 873	94 679 056	95 347 900	60 200 756	95 965 675	60 518 243	60 865 773	40 664 206
250 661 026	160 232 781	161 278 072	100 516 348	162 243 550	101 161 380	101 867 449	63 551 285
153 589 310	95 379 513	96 052 380	60 562 802	96 673 870	60 882 199	61 231 818	40 908 760
154 787 066	96 179 730	96 857 192	60 976 411	97 482 926	61 297 989	61 649 997	41 188 143
91 874 038	58 415 467	58 750 922	39 251 282	59 060 763	39 458 285	39 684 877	26 513 325
398 429 611	258 956 446	260 568 664	166 852 039	262 057 781	167 846 913	168 935 928	105 632 534
248 709 803	158 929 176	159 966 980	99 640 412	160 925 544	100 280 825	100 981 838	63 096 151
250 557 178	160 163 400	161 208 292	100 469 728	162 173 402	101 114 515	101 820 315	63 527 061
153 522 461	95 334 852	96 007 462	60 539 718	96 628 715	60 858 993	61 208 479	40 893 167
252 195 082	161 257 679	162 308 855	101 205 010	163 279 769	101 853 674	102 563 719	63 909 112
154 576 801	96 039 252	96 715 908	60 903 803	97 340 897	61 224 997	61 576 586	41 139 098
155 781 301	96 843 975	97 525 251	61 319 741	98 154 509	61 643 129	61 997 119	41 420 054
92 514 039	58 744 377	59 081 720	39 472 287	59 393 306	39 680 456	39 908 324	26 662 609
254 136 427	162 554 684	163 613 308	102 076 511	164 591 102	102 729 771	103 444 847	64 361 942
155 826 469	96 874 151	97 555 601	61 335 338	98 185 019	61 658 809	62 012 888	41 430 590
157 039 504	97 684 575	98 370 679	61 754 223	99 004 396	62 079 903	62 436 401	41 713 537
93 323 960	59 160 612	59 500 345	39 751 969	59 814 139	39 961 613	40 191 095	26 851 527
158 114 995	98 403 107	99 093 337	62 125 612	99 730 865	62 453 250	62 811 892	41 964 401
94 016 267	59 516 403	59 858 179	39 991 036	60 173 860	40 201 941	40 432 804	27 013 012
94 807 174	59 922 866	60 266 976	40 264 152	60 584 813	40 476 498	40 708 936	27 197 495
57 735 828	38 573 101	38 794 609	25 918 540	38 999 205	26 055 230	26 204 853	17 507 369
401 058 661	260 712 906	262 335 210	168 032 262	263 833 643	169 033 360	170 129 188	106 429 747
250 402 155	160 059 831	161 104 128	100 400 136	162 068 689	101 044 556	101 749 954	63 490 902
252 261 088	161 301 777	162 353 206	101 234 641	163 324 354	101 883 462	102 593 678	63 924 508
154 619 290	96 067 639	96 744 457	60 918 475	97 369 597	61 239 747	61 591 420	41 149 008
253 909 240	162 402 902	163 460 654	101 974 523	164 437 643	102 627 246	103 341 733	64 308 949
155 680 226	96 776 447	97 457 335	61 284 837	98 086 235	61 608 042	61 961 830	41 396 478
156 892 262	97 586 204	98 271 742	61 703 378	98 904 937	62 028 789	62 384 994	41 679 192
93 229 179	59 111 902	59 451 355	39 719 239	59 764 890	39 928 710	40 158 004	26 829 419
255 862 731	163 708 022	164 773 269	102 851 476	165 757 180	103 508 824	104 228 374	64 764 612
156 937 712	97 616 569	98 302 282	61 719 073	98 935 638	62 044 567	62 400 862	41 689 794
158 158 336	98 432 063	99 122 460	62 140 579	99 760 141	62 468 296	62 827 024	41 974 511
94 044 167	59 530 741	59 872 600	40 000 671	60 188 356	40 211 626	40 442 544	27 019 520
159 240 556	99 155 091	99 849 639	62 514 291	100 491 155	62 843 979	63 204 865	42 226 945
94 740 805	59 888 757	60 232 672	40 241 234	60 550 328	40 453 458	40 685 765	27 182 015
95 536 660	60 297 763	60 644 027	40 516 058	60 963 852	40 729 732	40 963 625	27 367 652
58 097 043	38 814 427	39 037 321	26 080 695	39 243 197	26 218 240	26 368 800	17 616 901
257 426 075	164 752 486	165 823 732	103 553 287	166 813 183	104 214 336	104 937 937	65 129 271
157 944 057	98 288 904	98 978 478	62 066 584	99 615 400	62 393 911	62 752 212	41 924 529
159 171 553	99 108 990	99 803 274	62 490 463	100 444 545	62 820 025	63 180 773	42 210 850
94 696 387	59 865 930	60 209 714	40 225 895	60 527 248	40 438 039	40 670 257	27 171 654
160 259 867	99 836 089	100 534 547	62 866 279	101 179 676	63 197 824	63 560 741	42 464 705
95 396 948	60 225 963	60 571 814	40 467 813	60 891 258	40 681 233	40 914 847	27 335 064
96 197 284	60 637 272	60 985 485	40 744 185	61 307 110	40 959 062	41 194 272	27 521 747
58 424 160	39 032 973	39 257 122	26 227 544	39 464 157	26 365 863	26 517 270	17 716 094
161 549 802	100 697 890	101 401 298	63 311 720	102 050 997	63 645 614	64 011 102	42 765 590
96 227 296	60 652 695	61 000 997	40 754 549	61 322 704	40 969 481	41 204 750	27 528 747
97 033 303	61 066 918	61 417 599	41 032 879	61 741 504	41 249 279	41 486 155	27 716 753
58 838 125	39 309 542	39 535 280	26 413 379	39 743 781	26 552 679	26 705 159	17 841 622
97 747 918	61 434 174	61 786 963	41 279 650	62 112 816	41 497 351	41 735 652	27 883 441
59 191 977	39 545 949	39 773 044	26 572 229	39 982 799	26 712 366	26 865 763	17 948 921
59 596 224	39 816 025	40 044 671	26 753 702	40 255 859	26 894 796	27 049 241	18 071 502
38 362 838	25 630 075	25 777 257	17 221 694	25 913 202	17 312 518	17 411 936	11 632 852

410 805 519	267 224 747	268 884 445	172 407 783	270 417 419	173 431 957	174 553 044	109 385 309
256 676 330	164 251 584	165 319 953	103 216 714	166 306 747	103 875 988	104 597 646	64 954 388
258 578 112	165 522 158	166 597 823	104 070 455	167 591 357	104 734 231	105 460 817	65 397 990
158 685 637	98 784 351	99 476 770	62 322 666	100 116 320	62 651 344	63 011 123	42 097 507
260 264 255	166 648 664	167 730 798	104 827 391	168 730 307	105 495 159	106 226 116	65 791 292
159 771 028	99 509 497	100 206 081	62 697 473	100 849 477	63 028 128	63 390 071	42 350 681
161 011 002	100 337 920	101 039 260	63 125 661	101 687 050	63 458 574	63 822 989	42 639 911
95 880 464	60 474 451	60 821 729	40 634 781	61 142 491	40 849 081	41 083 659	27 447 846
262 262 774	167 983 868	169 073 669	105 724 558	170 080 260	106 397 058	107 133 194	66 257 458
161 057 500	100 368 985	101 070 503	63 141 718	101 718 458	63 474 715	63 839 223	42 650 757
162 306 260	101 203 277	101 909 587	63 572 940	102 561 967	63 908 211	64 275 208	42 942 038
96 714 237	60 902 944	61 252 683	40 922 689	61 575 718	41 138 518	41 374 758	27 642 329
163 413 426	101 942 970	102 653 528	63 955 266	103 309 831	64 292 554	64 661 758	43 200 290
97 426 984	61 269 213	61 621 056	41 168 808	61 946 033	41 385 924	41 623 585	27 808 569
98 241 133	61 687 647	62 041 892	41 449 967	62 369 089	41 668 566	41 907 851	27 998 486
59 436 199	39 709 113	39 937 145	26 681 864	40 147 766	26 822 579	26 976 610	18 022 977
263 862 154	169 052 408	170 148 345	106 442 546	171 160 604	107 118 832	107 859 112	66 630 522
162 087 041	101 056 817	101 762 286	63 497 239	102 413 889	63 832 111	64 198 671	42 890 904
163 342 832	101 895 807	102 606 094	63 930 889	103 262 147	64 268 048	64 637 111	43 183 824
97 381 492	61 245 860	61 597 568	41 153 116	61 922 422	41 370 149	41 607 720	27 797 970
164 456 232	102 639 665	103 354 223	64 315 368	104 014 222	64 654 555	65 025 838	43 443 531
98 098 201	61 614 191	61 968 015	41 400 610	62 294 822	41 618 949	41 857 948	27 965 146
98 916 985	62 034 981	62 391 221	41 683 352	62 720 260	41 903 182	42 143 814	28 156 132
59 770 856	39 932 696	40 162 012	26 832 097	40 373 819	26 973 605	27 128 502	18 124 456
165 775 901	103 521 331	104 240 953	64 771 076	104 905 628	65 112 666	65 486 580	43 751 351
98 947 689	62 050 760	62 407 091	41 693 955	62 736 213	41 913 841	42 154 534	28 163 294
99 772 274	62 474 531	62 833 295	41 978 701	63 164 666	42 200 088	42 442 425	28 355 633
60 194 364	40 215 640	40 446 581	27 022 217	40 659 888	27 164 727	27 320 722	18 252 877
100 503 361	62 850 252	63 211 173	42 231 160	63 544 537	42 453 879	42 697 673	28 526 163
60 556 372	40 457 496	40 689 826	27 184 728	40 904 416	27 328 095	27 485 028	18 362 649
60 969 987	40 733 798	40 967 714	27 370 384	41 183 770	27 514 730	27 672 735	18 488 056
39 247 114	26 220 857	26 371 432	17 618 660	26 510 510	17 711 577	17 813 287	11 900 994
265 649 305	170 246 397	171 349 191	107 244 827	172 367 782	107 925 344	108 670 256	67 047 385
163 237 453	101 825 403	102 535 286	63 894 499	103 190 966	64 231 467	64 600 320	43 159 244
164 501 101	102 669 642	103 384 372	64 330 862	104 044 530	64 670 131	65 041 503	43 453 997
98 127 084	61 629 035	61 982 943	41 410 584	62 309 829	41 628 975	41 868 032	27 971 883
165 621 466	103 418 154	104 137 183	64 717 747	104 801 311	65 059 056	65 432 661	43 715 328
98 848 277	61 999 671	62 355 707	41 659 626	62 684 559	41 879 331	42 119 826	28 140 105
99 672 183	62 423 093	62 781 561	41 944 138	63 112 659	42 165 343	42 407 480	28 332 286
60 144 803	40 182 529	40 413 279	26 999 968	40 626 411	27 142 361	27 298 227	18 237 848
166 949 391	104 305 336	105 029 460	65 176 306	105 698 293	65 520 033	65 896 286	44 025 074
99 703 079	62 438 971	62 797 530	41 954 806	63 128 712	42 176 068	42 418 267	28 339 493
100 532 823	62 865 393	63 226 402	42 241 334	63 599 845	42 464 106	42 707 959	28 533 035
60 570 960	40 467 243	40 699 628	27 191 277	40 914 270	27 334 678	27 491 649	18 367 073
101 268 485	63 243 464	63 606 644	42 495 372	63 942 093	42 719 485	42 964 804	28 704 633
60 935 233	40 710 612	40 944 395	27 354 805	41 160 328	27 499 069	27 656 984	18 477 532
61 351 386	40 988 642	41 224 022	27 541 622	41 441 430	27 686 872	27 845 865	18 603 723
39 492 657	26 384 904	26 536 421	17 728 888	26 676 368	17 822 387	17 924 733	11 975 450
168 012 107	105 015 332	105 743 533	65 543 283	106 416 133	65 888 946	66 267 317	44 272 958
100 387 162	62 790 535	63 151 114	42 191 034	63 484 160	42 413 541	42 657 104	28 499 059
101 221 579	63 219 359	63 582 400	42 479 175	63 917 721	42 703 202	42 948 427	28 693 691
60 912 007	40 695 095	40 928 789	27 344 378	41 144 639	27 488 587	27 646 442	18 470 489
101 961 382	63 599 559	63 964 783	42 734 644	64 302 121	42 960 018	43 206 718	28 866 255
61 278 330	40 939 834	41 174 934	27 508 827	41 392 082	27 653 903	27 812 707	18 581 571
61 696 826	41 219 430	41 456 135	27 696 696	41 674 767	27 842 763	28 002 652	18 708 472
39 715 022	26 533 465	26 685 835	17 828 711	26 826 571	17 922 736	18 025 659	12 042 878
102 838 242	64 050 195	64 418 007	43 037 441	64 757 735	43 264 412	43 512 861	29 070 787
61 712 519	41 229 914	41 466 680	27 703 741	41 685 367	27 849 845	28 009 775	18 713 231
62 133 981	41 511 491	41 749 874	27 892 942	41 970 054	28 040 044	28 201 065	18 841 031
39 996 423	26 721 468	26 874 918	17 955 037	27 016 651	18 049 728	18 153 380	12 128 208
62 507 653	41 761 141	42 000 956	28 060 689	42 222 461	28 208 676	28 370 666	18 954 341
40 236 961	26 882 170	27 036 543	18 063 018	27 179 128	18 158 279	18 262 554	12 201 147
40 511 757	27 065 760	27 221 187	18 186 378	27 364 746	18 282 290	18 387 277	12 284 474
26 077 926	17 422 570	17 522 620	11 706 800	17 615 031	11 768 539	11 836 121	7 907 670

9.1.4 Nedskaleringsopsjon

Nedskaleringsopsjon, verdien i øverste node er 489 529 301 og verdien i nederste node er 27 327 717.

489 529 301	327 052 783	328 930 903	219 757 565	330 665 621	220 916 524	222 185 151	148 441 108
315 116 157	210 527 982	211 736 952	141 460 704	212 853 612	142 206 740	143 023 371	95 553 405
317 268 220	211 965 768	213 182 994	142 426 799	214 307 280	143 177 931	144 000 139	96 205 980
204 229 536	136 445 026	137 228 570	91 681 919	137 952 287	92 165 432	92 694 697	65 142 646
319 176 265	213 240 526	214 465 073	143 283 351	215 596 120	144 039 000	144 866 153	96 784 561
205 457 769	137 265 604	138 053 860	92 233 292	138 781 929	92 719 713	93 252 161	65 403 354
206 860 928	138 203 049	138 996 689	92 863 193	139 729 730	93 352 935	93 889 020	65 701 192
133 158 976	88 963 038	89 473 914	63 636 390	89 945 782	63 857 067	64 098 626	50 057 022
321 437 796	214 751 447	215 984 670	144 298 589	217 123 732	145 059 592	145 757 565	97 470 330
206 913 545	138 238 202	139 032 044	92 886 813	139 765 272	93 376 681	93 912 902	65 712 360
208 326 646	139 182 290	139 981 553	93 521 177	140 719 789	94 014 390	94 554 273	66 012 309
134 102 477	89 593 388	90 107 883	63 932 877	90 583 095	64 155 118	64 398 389	50 257 292
209 579 518	140 019 330	140 823 400	94 083 612	141 566 075	94 579 791	95 122 921	66 278 247
134 908 967	90 132 201	90 649 790	64 186 309	91 127 860	64 409 887	64 654 621	50 428 480
135 830 318	90 747 752	91 268 876	64 475 836	91 750 211	64 700 940	64 947 345	50 624 048
87 435 681	62 683 175	62 917 993	49 268 245	63 134 882	49 413 147	49 571 761	40 351 675
323 247 660	215 960 611	217 200 778	145 111 066	218 346 253	145 876 354	146 714 058	98 019 140
208 078 577	139 016 556	139 814 868	93 409 815	140 552 224	93 902 440	94 441 681	65 959 653
209 499 635	139 965 960	140 769 723	94 047 751	141 512 115	94 543 740	95 086 664	66 261 291
134 857 545	90 097 846	90 615 238	64 170 150	91 093 125	64 393 643	64 638 283	50 417 565
210 759 562	140 807 713	141 616 310	94 613 352	142 363 167	95 112 325	95 658 513	66 528 726
135 668 576	90 639 692	91 160 196	64 425 010	91 640 958	64 649 846	64 895 958	50 589 716
136 595 115	91 258 710	91 782 768	64 716 166	92 266 813	64 942 538	65 190 331	50 786 386
87 927 990	62 913 412	63 149 552	49 422 949	63 367 662	49 568 667	49 728 174	40 456 174
212 252 904	141 805 409	142 619 735	95 283 737	143 371 884	95 786 245	96 336 304	66 845 707
136 629 859	91 281 922	91 806 114	64 727 084	92 290 282	64 953 514	65 201 369	50 793 761
137 562 963	91 905 326	92 433 097	65 020 304	92 920 572	65 248 280	65 497 828	50 991 824
88 551 006	63 204 776	63 442 589	49 618 726	63 662 245	49 765 477	49 926 114	40 588 417
138 390 264	92 458 042	92 988 988	65 280 276	93 479 394	65 509 623	65 760 672	51 167 429
89 083 550	63 453 830	63 693 073	49 786 073	63 914 049	49 933 707	50 095 310	40 701 456
89 691 940	63 738 354	63 979 231	49 977 254	64 201 717	50 125 896	50 288 603	40 830 595
62 207 427	48 793 518	48 948 574	39 935 326	49 091 791	40 031 008	40 135 745	34 047 506
325 270 007	217 311 733	218 559 659	146 018 930	219 712 301	146 789 006	147 631 951	98 632 381
209 380 387	139 886 291	140 689 597	93 994 219	141 431 566	94 489 926	95 032 540	66 235 979
210 810 335	140 841 634	141 650 426	94 636 145	142 397 463	95 135 238	95 681 558	66 539 503
135 701 259	90 661 528	91 182 158	64 435 280	91 663 035	64 660 171	64 906 342	50 596 654
212 078 145	141 688 653	142 502 309	95 205 285	143 253 839	95 707 380	96 256 985	66 808 612
136 517 364	91 206 765	91 730 525	64 691 734	92 214 294	64 917 977	65 165 629	50 769 882
137 449 700	91 829 655	92 356 992	64 984 712	92 844 065	65 212 500	65 461 843	50 967 782
88 478 097	63 170 679	63 408 297	49 595 815	63 627 771	49 742 445	49 902 950	40 572 941
213 580 830	142 692 592	143 512 013	95 879 865	144 268 867	96 385 517	96 939 016	67 127 576
137 484 661	91 853 013	92 380 484	64 995 699	92 867 681	65 223 545	65 472 951	50 975 203
138 423 603	92 480 316	93 011 390	65 290 753	93 501 914	65 520 155	65 771 265	51 174 505
89 105 011	63 463 866	63 703 167	49 792 817	63 924 197	49 940 486	50 102 129	40 706 011
139 256 080	93 036 491	93 570 759	65 552 351	94 064 233	65 783 133	66 035 753	51 351 209
89 640 887	63 714 478	63 955 218	49 961 211	64 177 577	50 109 769	50 272 383	40 819 758
90 253 083	64 000 782	64 243 167	50 153 589	64 467 044	50 303 160	50 466 885	40 949 704
62 460 277	48 962 447	49 118 473	40 048 835	49 262 585	40 145 116	40 250 508	34 124 179
214 783 402	143 496 026	144 320 061	96 419 719	145 081 177	96 928 218	97 484 834	67 382 837
138 258 773	92 370 194	92 900 635	65 238 956	93 390 575	65 468 085	65 718 896	51 139 518
139 203 001	93 001 029	93 535 093	65 535 672	94 028 379	65 766 366	66 018 889	51 339 942
89 606 719	63 698 499	63 939 147	49 950 475	64 161 421	50 098 975	50 261 528	40 812 505
140 040 165	93 560 336	94 097 612	65 798 743	94 593 864	66 030 824	66 284 867	51 517 641
90 145 612	63 950 522	64 192 617	50 119 817	64 416 228	50 269 211	50 432 741	40 926 892
90 761 255	64 238 438	64 482 187	50 313 277	64 707 325	50 463 691	50 628 338	41 057 570
62 689 259	49 115 429	49 272 333	40 151 628	49 417 257	40 248 451	40 354 437	34 193 613
141 032 423	94 223 260	94 764 343	66 110 552	95 264 111	66 344 277	66 600 119	51 728 260
90 784 341	64 249 234	64 493 046	50 320 532	64 718 241	50 470 984	50 635 673	41 062 471
91 404 346	64 539 191	64 784 667	50 515 363	65 011 400	50 666 843	50 832 656	41 194 074
62 979 035	49 309 027	49 467 043	40 281 713	49 612 994	40 379 223	40 485 959	34 281 483
91 954 050	64 796 269	65 043 222	50 688 103	65 271 319	50 840 493	51 007 304	41 310 756
63 226 731	49 474 512	49 633 478	40 392 908	49 780 307	40 491 004	40 598 382	34 356 592
63 509 705	49 663 565	49 823 617	40 519 939	49 971 449	40 618 705	40 726 816	34 442 399
48 646 334	39 733 400	39 836 428	33 847 533	39 931 589	33 911 110	33 980 703	29 935 344

332 767 590	222 320 842	223 597 533	149 384 716	224 776 743	150 172 542	151 034 917	100 905 890
214 206 675	143 110 717	143 932 539	96 160 817	144 691 612	96 667 950	97 223 072	67 260 419
215 669 584	144 088 081	144 915 516	96 817 540	145 679 773	97 328 137	97 887 050	67 570 940
138 829 219	92 751 307	93 283 937	65 418 214	93 775 898	65 648 288	65 900 134	51 260 603
216 966 617	144 954 624	145 787 035	97 399 799	146 555 888	97 913 467	98 475 741	67 846 252
139 664 135	93 309 112	93 844 945	65 680 579	94 339 865	65 912 037	66 165 397	51 437 824
140 617 962	93 946 359	94 485 852	65 980 311	94 984 152	66 213 349	66 468 440	51 640 286
90 517 547	64 124 463	64 367 558	50 236 694	64 592 092	50 386 704	50 550 909	41 005 840
218 503 940	145 981 704	146 820 013	98 089 928	147 594 313	98 607 235	99 173 493	68 172 568
140 653 729	93 970 256	94 509 886	65 991 550	95 008 312	66 224 648	66 479 804	51 647 878
141 614 314	94 612 019	95 155 334	66 293 406	95 657 165	66 528 096	66 784 993	51 851 774
91 158 912	64 424 409	64 669 226	50 438 237	64 895 350	50 589 310	50 754 679	41 141 978
142 465 979	95 181 014	95 727 596	66 561 034	96 232 445	66 797 135	67 055 578	52 032 551
91 707 139	64 680 797	64 927 087	50 610 513	65 154 571	50 762 495	50 928 857	41 258 346
92 333 447	64 973 701	65 221 672	50 807 325	65 450 710	50 960 344	51 127 843	41 391 288
63 397 687	49 588 727	49 748 349	40 469 653	49 895 784	40 568 153	40 675 974	34 408 431
219 734 232	146 803 658	147 646 687	98 642 226	148 425 347	99 162 446	99 731 892	68 433 713
141 445 684	94 499 358	95 042 026	66 240 415	95 543 259	66 474 826	66 731 418	51 815 980
142 411 677	95 144 734	95 691 109	66 543 970	96 195 765	66 779 981	67 038 326	52 021 024
91 672 184	64 664 450	64 910 645	50 599 529	65 138 043	50 751 452	50 917 752	41 250 926
143 268 138	95 716 933	96 266 593	66 813 105	96 774 285	67 050 536	67 310 434	52 202 819
92 223 499	64 922 282	65 169 958	50 772 775	65 398 723	50 925 612	51 092 911	41 367 950
92 853 333	65 216 834	65 466 202	50 970 694	65 696 530	51 124 575	51 293 017	41 501 640
63 631 947	49 745 235	49 905 756	40 574 816	50 054 021	40 673 871	40 782 299	34 479 467
144 283 268	96 395 138	96 948 693	67 132 101	97 459 981	67 371 214	67 632 954	52 418 293
92 876 951	65 227 880	65 477 311	50 978 116	65 707 697	51 132 036	51 300 521	41 506 653
93 511 247	65 524 520	65 775 654	51 177 438	66 007 614	51 332 410	51 502 045	41 641 291
63 928 402	49 943 296	50 104 954	40 707 899	50 254 270	40 807 656	40 916 853	34 569 362
94 073 622	65 787 524	66 040 169	51 354 160	66 273 524	51 510 063	51 680 719	41 760 662
64 181 808	50 112 595	50 275 226	40 821 657	50 425 439	40 922 014	41 031 867	34 646 202
64 471 304	50 306 006	50 469 748	40 951 616	50 620 987	41 052 659	41 163 262	34 733 987
49 265 327	40 146 948	40 252 350	34 125 410	40 349 705	34 190 452	34 261 649	30 123 043
221 108 964	147 722 111	148 570 415	99 259 365	149 353 946	99 782 840	100 355 849	68 725 517
142 330 616	95 090 578	95 636 641	66 518 497	96 141 010	66 754 374	67 012 572	52 003 818
143 302 652	95 739 992	96 289 785	66 823 951	96 797 598	67 061 439	67 321 400	52 210 145
92 245 716	64 932 672	65 180 408	50 779 756	65 409 228	50 932 630	51 099 970	41 372 666
144 164 472	96 315 770	96 868 870	67 094 770	97 379 737	67 333 687	67 595 211	52 393 077
92 800 480	65 192 117	65 441 343	50 954 086	65 671 539	51 107 879	51 276 226	41 490 422
93 434 255	65 488 513	65 739 441	51 153 244	65 971 209	51 308 088	51 477 584	41 624 948
63 893 710	49 920 118	50 081 643	40 692 325	50 230 835	40 792 000	40 901 107	34 558 842
145 185 953	96 998 218	97 555 236	67 415 762	98 069 724	67 656 371	67 919 748	52 609 900
93 458 021	65 499 627	65 750 619	51 160 712	65 982 446	51 315 595	51 485 134	41 629 993
94 096 285	65 798 123	66 050 829	51 361 281	66 284 239	51 517 222	51 687 919	41 765 473
64 192 020	50 119 418	50 282 088	40 826 242	50 432 337	40 926 623	41 036 502	34 649 299
94 662 179	66 062 773	66 316 998	51 539 108	66 551 813	51 695 987	51 867 710	41 885 590
64 447 011	50 289 776	50 453 424	40 940 711	50 604 577	41 041 696	41 152 236	34 726 620
64 738 318	50 484 397	50 649 163	41 071 483	50 801 348	41 173 158	41 284 453	34 814 954
49 437 208	40 261 780	40 367 842	34 202 569	40 465 806	34 268 018	34 339 661	30 175 163
146 003 426	97 544 369	98 104 524	67 672 646	98 621 908	67 914 610	68 179 470	52 783 419
93 984 238	65 745 722	65 998 127	51 326 072	66 231 260	51 481 827	51 652 320	41 741 689
94 626 097	66 045 899	66 300 027	51 527 770	66 534 752	51 684 589	51 856 247	41 877 932
64 430 752	50 278 914	50 442 500	40 933 412	50 593 595	41 034 359	41 144 857	34 721 690
95 195 177	66 312 039	66 567 696	51 706 598	66 803 832	51 864 360	52 037 051	41 998 726
64 687 179	50 450 232	50 614 801	41 048 526	50 766 805	41 150 080	41 261 243	34 799 447
64 980 126	50 645 949	50 811 642	41 180 035	50 964 684	41 282 282	41 394 204	34 888 278
49 592 863	40 365 773	40 472 432	34 272 445	40 570 947	34 338 263	34 410 309	30 222 363
95 869 684	66 627 484	66 884 953	51 918 556	67 122 762	52 077 436	52 251 350	42 141 899
64 991 111	50 653 288	50 819 024	41 184 966	50 972 105	41 287 239	41 399 190	34 891 609
65 286 134	50 850 392	51 017 259	41 317 407	51 171 386	41 420 378	41 533 094	34 981 070
49 789 844	40 497 375	40 604 790	34 360 873	40 704 003	34 427 157	34 499 714	30 282 094
65 547 705	51 025 146	51 193 017	41 434 830	51 348 071	41 538 421	41 651 814	35 060 386
49 958 220	40 609 867	40 717 928	34 436 460	40 817 738	34 503 143	34 576 135	30 333 151
50 150 577	40 738 380	40 847 179	34 522 812	40 947 670	34 589 950	34 663 441	30 391 480
40 046 896	33 988 146	34 058 182	29 987 108	34 122 869	30 030 325	30 077 632	27 327 717

9.2 MatLab koder til binomisk tre

Vi har brukt Excel for å generere tallene, og deretter MatLab til å konstruere og illustrere grafene. Fremgangsmåten for hvordan vi danner grafene i MatLab er fremvist i kommentar.

9.2.1 Binomisk tre med konstant volatilitet

9.2.1.1 Verdiutvikling

```
clear all;
close all;
clc;

% laster inn data i fra Excel dokument og tar bort alle NaN(tomme ruter)
[y11] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Verdiutvikling','A1:A11');
[y12] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Verdiutvikling','B1:B11');
y12 = y12(~isnan(y12));
[y13] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Verdiutvikling','C1:C11');
y13 = y13(~isnan(y13));
[y14] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Verdiutvikling','D1:D11');
y14 = y14(~isnan(y14));
[y15] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Verdiutvikling','E1:E11');
y15 = y15(~isnan(y15));
[y16] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Verdiutvikling','F1:F11');
y16 = y16(~isnan(y16));
[y17] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Verdiutvikling','G1:G11');
y17 = y17(~isnan(y17));
[y18] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Verdiutvikling','H1:H11');
y18 = y18(~isnan(y18));
[y19] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Verdiutvikling','I1:I11');
y19 = y19(~isnan(y19));
[y110] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Verdiutvikling','J1:J11');
y110 = y110(~isnan(y110));
[y111] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Verdiutvikling','K1:K11');
y111 = y111(~isnan(y111));

y21 = y11;
y22=y12;
y23=y13;
y24=y14;
y25=y15;
y26= y16;
y27=y17;
y28 = y18;
y29=y19;
y210 = y110;

% klargjør innlasta data vectorer med å gjøre alle like store, y111 er
% størst bruker denne som utgangspunkt
y11(numel(y111)) = 0;
```

```

y12(numel(y111)) = 0;
y13(numel(y111)) = 0;
y14(numel(y111)) = 0;
y15(numel(y111)) = 0;
y16(numel(y111)) = 0;
y17(numel(y111)) = 0;
y18(numel(y111)) = 0;
y19(numel(y111)) = 0;
y110(numel(y111)) = 0;
% lager en matrise som inneholder alle dataene
m = [y11(:),y12(:),y13(:),y14(:),y15(:),y16(:),y17(:),y18(:),y19(:),y110(:),y111(:)];

% plotter punktene og tegner streker imellom
for i=1:11
    hold on;
    for k=1:11          %dette er loopen som plotter punktene fra år 0 til 10
        hold on;
        if m(k,i)~=0
            plot(i-1,m(k,i),'+');
        end
    end
    xlim([-1 11])
    hold on;
end

o=1;
for t=1:size(y21)
    hold on;
    plot([0 1],[m(t,1) m(o,2)],'-');
    hold on
    plot([0 1],[m(t,1) m(o+1,2)],'-');
    o=o+1;
end

o=1;
for t=1:size(y22)
    hold on;
    plot([1 2],[m(t,2) m(o,3)],'-');
    hold on
    plot([1 2],[m(t,2) m(o+1,3)],'-');
    o=o+1;
end

o=1;
for t=1:size(y23)
    hold on;
    plot([2 3],[m(t,3) m(o,4)],'-');
    hold on
    plot([2 3],[m(t,3) m(o+1,4)],'-');
    o=o+1;
end

```



```

o=1;
for t=1:size(y24)
    hold on;
    plot([3 4],[m(t,4) m(o,5)],'-');
    hold on
    plot([3 4],[m(t,4) m(o+1,5)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y25)
    hold on;
    plot([4 5],[m(t,5) m(o,6)],'-');
    hold on
    plot([4 5],[m(t,5) m(o+1,6)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y26)
    hold on;
    plot([5 6],[m(t,6) m(o,7)],'-');
    hold on
    plot([5 6],[m(t,6) m(o+1,7)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y27)
    hold on;
    plot([6 7],[m(t,7) m(o,8)],'-');
    hold on
    plot([6 7],[m(t,7) m(o+1,8)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y28)
    hold on;
    plot([7 8],[m(t,8) m(o,9)],'-');
    hold on
    plot([7 8],[m(t,8) m(o+1,9)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y29)
    hold on;
    plot([8 9],[m(t,9) m(o,10)],'-');
    hold on
    plot([8 9],[m(t,9) m(o+1,10)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y210)

```

```

hold on;
plot([9 10],[m(t,10) m(o,11)],'-');
hold on
plot([9 10],[m(t,10) m(o+1,11)],'-');
o=o+1;
end

```

```
xlim([-1 11])
```

9.2.1.2 Venteopsjon

```

clear all;
close all;
clc;

% laster inn data i fra Excel dokument og tar bort alle NaN(tomme ruter)
[y11] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Vente fast','A1:A11');
[y12] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Vente fast','B1:B11');
y12 = y12(~isnan(y12));
[y13] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Vente fast','C1:C11');
y13 = y13(~isnan(y13));
[y14] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Vente fast','D1:D11');
y14 = y14(~isnan(y14));
[y15] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Vente fast','E1:E11');
y15 = y15(~isnan(y15));
[y16] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Vente fast','F1:F11');
y16 = y16(~isnan(y16));
[y17] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Vente fast','G1:G11');
y17 = y17(~isnan(y17));
[y18] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Vente fast','H1:H11');
y18 = y18(~isnan(y18));
[y19] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Vente fast','I1:I11');
y19 = y19(~isnan(y19));
[y110] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Vente fast','J1:J11');
y110 = y110(~isnan(y110));
[y111] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Vente fast','K1:K11');
y111 = y111(~isnan(y111));

y21 = y11;
y22=y12;
y23=y13;
y24=y14;
y25=y15;
y26= y16;
y27=y17;
y28 = y18;
y29=y19;
y210 = y110;

% klargjør innlasta data vectorer med å gjøre alle like store, y111 er

```

```

% størst bruker denne som utgangspunkt
y11(numel(y111)) = 0;
y12(numel(y111)) = 0;
y13(numel(y111)) = 0;
y14(numel(y111)) = 0;
y15(numel(y111)) = 0;
y16(numel(y111)) = 0;
y17(numel(y111)) = 0;
y18(numel(y111)) = 0;
y19(numel(y111)) = 0;
y110(numel(y111)) = 0;
% lager en matrise som inneholder alle dataene
m = [y11(:),y12(:),y13(:),y14(:),y15(:),y16(:),y17(:),y18(:),y19(:),y110(:),y111(:)];

% plotter punktene og tegner streker imellom
for i=1:11
    hold on;
    for k=1:11          %dette er loopen som plotter punktene fra år 0 til 10
        hold on;
        if m(k,i)~=0
            plot(i-1,m(k,i),'+');
        end
    end
    xlim([-1 11])
    hold on;
end

o=1;
for t=1:size(y21)
    hold on;
    plot([0 1],[m(t,1) m(o,2)],'-');
    hold on
    plot([0 1],[m(t,1) m(o+1,2)],'-');
    o=o+1;
end

o=1;
for t=1:size(y22)
    hold on;
    plot([1 2],[m(t,2) m(o,3)],'-');
    hold on
    plot([1 2],[m(t,2) m(o+1,3)],'-');
    o=o+1;
end

o=1;
for t=1:size(y23)
    hold on;
    plot([2 3],[m(t,3) m(o,4)],'-');
    hold on
    plot([2 3],[m(t,3) m(o+1,4)],'-');
end

```

```

    o=o+1;
end

o=1;
for t=1:size(y24)
    hold on;
    plot([3 4],[m(t,4) m(o,5)],'-');
    hold on
    plot([3 4],[m(t,4) m(o+1,5)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y25)
    hold on;
    plot([4 5],[m(t,5) m(o,6)],'-');
    hold on
    plot([4 5],[m(t,5) m(o+1,6)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y26)
    hold on;
    plot([5 6],[m(t,6) m(o,7)],'-');
    hold on
    plot([5 6],[m(t,6) m(o+1,7)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y27)
    hold on;
    plot([6 7],[m(t,7) m(o,8)],'-');
    hold on
    plot([6 7],[m(t,7) m(o+1,8)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y28)
    hold on;
    plot([7 8],[m(t,8) m(o,9)],'-');
    hold on
    plot([7 8],[m(t,8) m(o+1,9)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y29)
    hold on;
    plot([8 9],[m(t,9) m(o,10)],'-');
    hold on
    plot([8 9],[m(t,9) m(o+1,10)],'-');
    o=o+1;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y210)
    hold on;
    plot([9 10],[m(t,10) m(o,11)],'-');
    hold on
    plot([9 10],[m(t,10) m(o+1,11)],'-');
    o=o+1;
end

xlim([-1 11])

```

9.2.1.3 Ekspansjonsopsjon

```

clear all;
close all;
clc;

% laster inn data i fra Excel dokument og tar bort alle NaN(tomme ruter)
[y11] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Ekspansjon fast','A1:A11');
[y12] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Ekspansjon fast','B1:B11');
y12 = y12(~isnan(y12));
[y13] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Ekspansjon fast','C1:C11');
y13 = y13(~isnan(y13));
[y14] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Ekspansjon fast','D1:D11');
y14 = y14(~isnan(y14));
[y15] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Ekspansjon fast','E1:E11');
y15 = y15(~isnan(y15));
[y16] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Ekspansjon fast','F1:F11');
y16 = y16(~isnan(y16));
[y17] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Ekspansjon fast','G1:G11');
y17 = y17(~isnan(y17));
[y18] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Ekspansjon fast','H1:H11');
y18 = y18(~isnan(y18));
[y19] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Ekspansjon fast','I1:I11');
y19 = y19(~isnan(y19));
[y110] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Ekspansjon fast','J1:J11');
y110 = y110(~isnan(y110));
[y111] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Ekspansjon fast','K1:K11');
y111 = y111(~isnan(y111));

y21 = y11;
y22=y12;
y23=y13;
y24=y14;
y25=y15;
y26= y16;
y27=y17;
y28 = y18;
y29=y19;
y210 = y110;

```

```

% klargjør innlasta data vectorer med å gjøre alle like store, y111 er
% størst bruker denne som utgangspunkt
y11(numel(y111)) = 0;
y12(numel(y111)) = 0;
y13(numel(y111)) = 0;
y14(numel(y111)) = 0;
y15(numel(y111)) = 0;
y16(numel(y111)) = 0;
y17(numel(y111)) = 0;
y18(numel(y111)) = 0;
y19(numel(y111)) = 0;
y110(numel(y111)) = 0;
% lager en matrise som inneholder alle dataene
m = [y11(:),y12(:),y13(:),y14(:),y15(:),y16(:),y17(:),y18(:),y19(:),y110(:),y111(:)];

% plotter punktene og tegner streker imellom
for i=1:11
    hold on;
    for k=1:11          %dette er loopen som plotter punktene fra år 0 til 10
        hold on;
        if m(k,i)~=0
            plot(i-1,m(k,i),'+');
        end
    end
    xlim([-1 11])
    hold on;
end

o=1;
for t=1:size(y21)
    hold on;
    plot([0 1],[m(t,1) m(o,2)],'-');
    hold on
    plot([0 1],[m(t,1) m(o+1,2)],'-');
    o=o+1;
end

o=1;
for t=1:size(y22)
    hold on;
    plot([1 2],[m(t,2) m(o,3)],'-');
    hold on
    plot([1 2],[m(t,2) m(o+1,3)],'-');
    o=o+1;
end

o=1;
for t=1:size(y23)
    hold on;
    plot([2 3],[m(t,3) m(o,4)],'-');

```

```

    hold on
    plot([2 3],[m(t,3) m(o+1,4)],'-');
    o=o+1;
end

o=1;
for t=1:size(y24)
    hold on;
    plot([3 4],[m(t,4) m(o,5)],'-');
    hold on
    plot([3 4],[m(t,4) m(o+1,5)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y25)
    hold on;
    plot([4 5],[m(t,5) m(o,6)],'-');
    hold on
    plot([4 5],[m(t,5) m(o+1,6)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y26)
    hold on;
    plot([5 6],[m(t,6) m(o,7)],'-');
    hold on
    plot([5 6],[m(t,6) m(o+1,7)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y27)
    hold on;
    plot([6 7],[m(t,7) m(o,8)],'-');
    hold on
    plot([6 7],[m(t,7) m(o+1,8)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y28)
    hold on;
    plot([7 8],[m(t,8) m(o,9)],'-');
    hold on
    plot([7 8],[m(t,8) m(o+1,9)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y29)
    hold on;
    plot([8 9],[m(t,9) m(o,10)],'-');
    hold on
    plot([8 9],[m(t,9) m(o+1,10)],'-');

```

```

    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y210)
    hold on;
    plot([9 10],[m(t,10) m(o,11)],'-');
    hold on
    plot([9 10],[m(t,10) m(o+1,11)],'-');
    o=o+1;
end

xlim([-1 11])

```

9.2.1.4 Nedskaleringsoption

```

clear all;
close all;
clc;

% laster inn data i fra Excel dokument og tar bort alle NaN(tomme ruter)
[y11] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Nedskalere fast','A1:A11');
[y12] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Nedskalere fast','B1:B11');
y12 = y12(~isnan(y12));
[y13] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Nedskalere fast','C1:C11');
y13 = y13(~isnan(y13));
[y14] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Nedskalere fast','D1:D11');
y14 = y14(~isnan(y14));
[y15] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Nedskalere fast','E1:E11');
y15 = y15(~isnan(y15));
[y16] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Nedskalere fast','F1:F11');
y16 = y16(~isnan(y16));
[y17] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Nedskalere fast','G1:G11');
y17 = y17(~isnan(y17));
[y18] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Nedskalere fast','H1:H11');
y18 = y18(~isnan(y18));
[y19] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Nedskalere fast','I1:I11');
y19 = y19(~isnan(y19));
[y110] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Nedskalere fast','J1:J11');
y110 = y110(~isnan(y110));
[y111] = xlsread('KUN-fast-Volatilitet.xlsx','Nedskalere fast','K1:K11');
y111 = y111(~isnan(y111));

y21 = y11;
y22=y12;
y23=y13;
y24=y14;
y25=y15;
y26= y16;
y27=y17;
y28 = y18;

```



```

y29=y19;
y210 = y110;

% klargjør innlasta data vectorer med å gjøre alle like store, y111 er
% størst bruker denne som utgangspunkt
y11(numel(y111)) = 0;
y12(numel(y111)) = 0;
y13(numel(y111)) = 0;
y14(numel(y111)) = 0;
y15(numel(y111)) = 0;
y16(numel(y111)) = 0;
y17(numel(y111)) = 0;
y18(numel(y111)) = 0;
y19(numel(y111)) = 0;
y110(numel(y111)) = 0;
% lager en matrise som inneholder alle dataene
m = [y11(:),y12(:),y13(:),y14(:),y15(:),y16(:),y17(:),y18(:),y19(:),y110(:),y111(:)];

% plotter punktene og tegner streker imellom
for i=1:11
    hold on;
    for k=1:11          %dette er loopen som plotter punktene fra år 0 til 10
        hold on;
        if m(k,i)~=0
            plot(i-1,m(k,i),'+');
        end
    end
    xlim([-1 11])
    hold on;
end

o=1;
for t=1:size(y21)
    hold on;
    plot([0 1],[m(t,1) m(o,2)],'-');
    hold on
    plot([0 1],[m(t,1) m(o+1,2)],'-');
    o=o+1;
end

o=1;
for t=1:size(y22)
    hold on;
    plot([1 2],[m(t,2) m(o,3)],'-');
    hold on
    plot([1 2],[m(t,2) m(o+1,3)],'-');
    o=o+1;
end

o=1;
for t=1:size(y23)

```

```

    hold on;
    plot([2 3],[m(t,3) m(o,4)],'-');
    hold on
    plot([2 3],[m(t,3) m(o+1,4)],'-');
    o=o+1;
end

o=1;
for t=1:size(y24)
    hold on;
    plot([3 4],[m(t,4) m(o,5)],'-');
    hold on
    plot([3 4],[m(t,4) m(o+1,5)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y25)
    hold on;
    plot([4 5],[m(t,5) m(o,6)],'-');
    hold on
    plot([4 5],[m(t,5) m(o+1,6)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y26)
    hold on;
    plot([5 6],[m(t,6) m(o,7)],'-');
    hold on
    plot([5 6],[m(t,6) m(o+1,7)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y27)
    hold on;
    plot([6 7],[m(t,7) m(o,8)],'-');
    hold on
    plot([6 7],[m(t,7) m(o+1,8)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y28)
    hold on;
    plot([7 8],[m(t,8) m(o,9)],'-');
    hold on
    plot([7 8],[m(t,8) m(o+1,9)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y29)
    hold on;
    plot([8 9],[m(t,9) m(o,10)],'-');

```

```

    hold on
    plot([8 9],[m(t,9) m(o+1,10)],'-');
    o=o+1;
end
o=1;
for t=1:size(y210)
    hold on;
    plot([9 10],[m(t,10) m(o,11)],'-');
    hold on
    plot([9 10],[m(t,10) m(o+1,11)],'-');
    o=o+1;
end

xlim([-1 11])

```

9.2.2 Binomisk tre med stokastisk volatilitet

9.2.2.1 Verdiutvikling

```

clear all;
close all;
clc;

% laster inn data i fra Excel dokument og tar bort alle NaN(tomme ruter)
[y11] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VERDIUTVIKLING','D9:D1033');
[y12] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VERDIUTVIKLING','e9:e1033');
y12 = y12(~isnan(y12));
[y13] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VERDIUTVIKLING','f9:f1033');
y13 = y13(~isnan(y13));
[y14] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VERDIUTVIKLING','g9:g1033');
y14 = y14(~isnan(y14));
[y15] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VERDIUTVIKLING','h9:h1033');
y15 = y15(~isnan(y15));
[y16] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VERDIUTVIKLING','i9:i1033');
y16 = y16(~isnan(y16));
[y17] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VERDIUTVIKLING','j9:j1033');
y17 = y17(~isnan(y17));
[y18] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VERDIUTVIKLING','k9:k1033');
y18 = y18(~isnan(y18));
[y19] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VERDIUTVIKLING','l9:l1033');
y19 = y19(~isnan(y19));
[y110] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VERDIUTVIKLING','m9:m1033');
y110 = y110(~isnan(y110));
[y111] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VERDIUTVIKLING','n9:n1033');
y111 = y111(~isnan(y111));

y21 = y11;
y22=y12;

```

```

y23=y13;
y24=y14;
y25=y15;
y26= y16;
y27=y17;
y28 = y18;
y29=y19;
y210 = y110;

% klargjør innlasta data vectorer med å gjøre alle like store, y111 er
% størst bruker denne som utgangspunkt
y11(numel(y111)) = 0;
y12(numel(y111)) = 0;
y13(numel(y111)) = 0;
y14(numel(y111)) = 0;
y15(numel(y111)) = 0;
y16(numel(y111)) = 0;
y17(numel(y111)) = 0;
y18(numel(y111)) = 0;
y19(numel(y111)) = 0;
y110(numel(y111)) = 0;
% lager en matrise som inneholder alle dataene
m = [y11(:),y12(:),y13(:),y14(:),y15(:),y16(:),y17(:),y18(:),y19(:),y110(:),y111(:)];

% plotter punktene og tegner streker imellom
for i=1:11
    hold on;
    for k=1:1024          %dette er loopen som plotter punktene fra år 0 til 10
        hold on;
        if m(k,i)~=0
            plot(i-1,m(k,i),'+');
        end
    end
    xlim([-1 11])
    hold on;
end

o=1;
for t=1:size(y21)
    hold on;
    plot([0 1],[m(t,1) m(o,2)],'-');
    hold on
    plot([0 1],[m(t,1) m(o+1,2)],'-');
    o=o+2;
end

o=1;
for t=1:size(y22)
    hold on;
    plot([1 2],[m(t,2) m(o,3)],'-');
    hold on

```

```

    plot([1 2],[m(t,2) m(o+1,3)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y23)
    hold on;
    plot([2 3],[m(t,3) m(o,4)],'-');
    hold on
    plot([2 3],[m(t,3) m(o+1,4)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y24)
    hold on;
    plot([3 4],[m(t,4) m(o,5)],'-');
    hold on
    plot([3 4],[m(t,4) m(o+1,5)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y25)
    hold on;
    plot([4 5],[m(t,5) m(o,6)],'-');
    hold on
    plot([4 5],[m(t,5) m(o+1,6)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y26)
    hold on;
    plot([5 6],[m(t,6) m(o,7)],'-');
    hold on
    plot([5 6],[m(t,6) m(o+1,7)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y27)
    hold on;
    plot([6 7],[m(t,7) m(o,8)],'-');
    hold on
    plot([6 7],[m(t,7) m(o+1,8)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y28)
    hold on;
    plot([7 8],[m(t,8) m(o,9)],'-');
    hold on
    plot([7 8],[m(t,8) m(o+1,9)],'-');
end

```

```

    o=o+2;
end
o=1;
for t=1:size(y29)
    hold on;
    plot([8 9],[m(t,9) m(o,10)],'-');
    hold on
    plot([8 9],[m(t,9) m(o+1,10)],'-');
    o=o+2;
end
o=1;
for t=1:size(y210)
    hold on;
    plot([9 10],[m(t,10) m(o,11)],'-');
    hold on
    plot([9 10],[m(t,10) m(o+1,11)],'-');
    o=o+2;
end

xlim([-1 11])

```

9.2.2.2 Venteopsjon

```

clear all;
close all;
clc;

% laster inn data i fra Excel dokument og tar bort alle NaN(tomme ruter)
[y11] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VENTE','T9:T1033');
[y12] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VENTE','U9:U1033');
y12 = y12(~isnan(y12));
[y13] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VENTE','V9:V1033');
y13 = y13(~isnan(y13));
[y14] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VENTE','W9:W1033');
y14 = y14(~isnan(y14));
[y15] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VENTE','X9:X1033');
y15 = y15(~isnan(y15));
[y16] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VENTE','Y9:Y1033');
y16 = y16(~isnan(y16));
[y17] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VENTE','Z9:Z1033');
y17 = y17(~isnan(y17));
[y18] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VENTE','AA9:AA1033');
y18 = y18(~isnan(y18));
[y19] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VENTE','AB9:AB1033');
y19 = y19(~isnan(y19));
[y110] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VENTE','AC9:AC1033');
y110 = y110(~isnan(y110));
[y111] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','VENTE','AD9:AD1033');
y111 = y111(~isnan(y111));

```

```

% klargjør innlasta data vectorer med å gjøre alle like store, y111 er
% størst bruker denne som utgangspunkt
y21 = y11;
y22=y12;
y23=y13;
y24=y14;
y25=y15;
y26= y16;
y27=y17;
y28 = y18;
y29=y19;
y210 = y110;

y11(numel(y111)) = 0;
y12(numel(y111)) = 0;
y13(numel(y111)) = 0;
y14(numel(y111)) = 0;
y15(numel(y111)) = 0;
y16(numel(y111)) = 0;
y17(numel(y111)) = 0;
y18(numel(y111)) = 0;
y19(numel(y111)) = 0;
y110(numel(y111)) = 0;

% lager en matrise som inneholder alle dataene
m = [y11(:),y12(:),y13(:),y14(:),y15(:),y16(:),y17(:),y18(:),y19(:),y110(:),y111(:)];
% plotter punktene og tegner streker imellom
for i=1:11
    for k=1:1024      %dette er loopen som plotter punktene fra år 0 til 10
        hold on;
        %     if m(k,i)~=0
            plot(i-1,m(k,i),'+');
        %     end
    end

end

o=1;
for t=1:size(y21)
    hold on;
    plot([0 1],[m(t,1) m(o,2)],'-');
    hold on
    plot([0 1],[m(t,1) m(o+1,2)],'-');
    o=o+2;
end

o=1;
for t=1:size(y22)
    hold on;
    plot([1 2],[m(t,2) m(o,3)],'-');

```

```

    hold on
    plot([1 2],[m(t,2) m(o+1,3)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y23)
    hold on;
    plot([2 3],[m(t,3) m(o,4)],'-');
    hold on
    plot([2 3],[m(t,3) m(o+1,4)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y24)
    hold on;
    plot([3 4],[m(t,4) m(o,5)],'-');
    hold on
    plot([3 4],[m(t,4) m(o+1,5)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y25)
    hold on;
    plot([4 5],[m(t,5) m(o,6)],'-');
    hold on
    plot([4 5],[m(t,5) m(o+1,6)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y26)
    hold on;
    plot([5 6],[m(t,6) m(o,7)],'-');
    hold on
    plot([5 6],[m(t,6) m(o+1,7)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y27)
    hold on;
    plot([6 7],[m(t,7) m(o,8)],'-');
    hold on
    plot([6 7],[m(t,7) m(o+1,8)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y28)
    hold on;
    plot([7 8],[m(t,8) m(o,9)],'-');
    hold on

```



```

    plot([7 8],[m(t,8) m(o+1,9)],'-');
    o=o+2;
end
o=1;
for t=1:size(y29)
    hold on;
    plot([8 9],[m(t,9) m(o,10)],'-');
    hold on
    plot([8 9],[m(t,9) m(o+1,10)],'-');
    o=o+2;
end
o=1;
for t=1:size(y210)
    hold on;
    plot([9 10],[m(t,10) m(o,11)],'-');
    hold on
    plot([9 10],[m(t,10) m(o+1,11)],'-');
    o=o+2;
end

xlim([-1 11])

```

9.2.2.3 Ekspansjonsopsjon

```

clear all;
close all;
clc;

% laster inn data i fra Excel dokument og tar bort alle NaN(tomme ruter)
[y11] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','EKSPANSJ','T9:T1033');
[y12] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','EKSPANSJ','U9:U1033');
y12 = y12(~isnan(y12));
[y13] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','EKSPANSJ','V9:V1033');
y13 = y13(~isnan(y13));
[y14] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','EKSPANSJ','W9:W1033');
y14 = y14(~isnan(y14));
[y15] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','EKSPANSJ','X9:X1033');
y15 = y15(~isnan(y15));
[y16] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','EKSPANSJ','Y9:Y1033');
y16 = y16(~isnan(y16));
[y17] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','EKSPANSJ','Z9:Z1033');
y17 = y17(~isnan(y17));
[y18] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','EKSPANSJ','AA9:AA1033');
y18 = y18(~isnan(y18));
[y19] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','EKSPANSJ','AB9:AB1033');
y19 = y19(~isnan(y19));
[y110] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','EKSPANSJ','AC9:AC1033');
y110 = y110(~isnan(y110));
[y111] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','EKSPANSJ','AD9:AD1033');
y111 = y111(~isnan(y111));

```

```

y21 = y11;
y22=y12;
y23=y13;
y24=y14;
y25=y15;
y26= y16;
y27=y17;
y28 = y18;
y29=y19;
y210 = y110;

```

```

% klargjør innlasta data vectorer med å gjøre alle like store, y111 er
% størst bruker denne som utgangspunkt
y11(numel(y111)) = 0;
y12(numel(y111)) = 0;
y13(numel(y111)) = 0;
y14(numel(y111)) = 0;
y15(numel(y111)) = 0;
y16(numel(y111)) = 0;
y17(numel(y111)) = 0;
y18(numel(y111)) = 0;
y19(numel(y111)) = 0;
y110(numel(y111)) = 0;
% lager en matrise som inneholder alle dataene
m = [y11(:),y12(:),y13(:),y14(:),y15(:),y16(:),y17(:),y18(:),y19(:),y110(:),y111(:)];
% plotter punktene og tegner streker imellom
for i=1:11
    hold on;
    for k=1:1024      % dette er loopen som plotter punktene fra år 0 til 10
        hold on;
        if m(k,i)~=0
            plot(i-1,m(k,i),'+');
        end
    end
    xlim([-1 11])
    hold on;
end

o=1;
for t=1:size(y21)
    hold on;
    plot([0 1],[m(t,1) m(o,2)],'-');
    hold on
    plot([0 1],[m(t,1) m(o+1,2)],'-');
    o=o+2;
end

o=1;
for t=1:size(y22)
    hold on;

```

```

    plot([1 2],[m(t,2) m(o,3)],'-');
    hold on
    plot([1 2],[m(t,2) m(o+1,3)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y23)
    hold on;
    plot([2 3],[m(t,3) m(o,4)],'-');
    hold on
    plot([2 3],[m(t,3) m(o+1,4)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y24)
    hold on;
    plot([3 4],[m(t,4) m(o,5)],'-');
    hold on
    plot([3 4],[m(t,4) m(o+1,5)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y25)
    hold on;
    plot([4 5],[m(t,5) m(o,6)],'-');
    hold on
    plot([4 5],[m(t,5) m(o+1,6)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y26)
    hold on;
    plot([5 6],[m(t,6) m(o,7)],'-');
    hold on
    plot([5 6],[m(t,6) m(o+1,7)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y27)
    hold on;
    plot([6 7],[m(t,7) m(o,8)],'-');
    hold on
    plot([6 7],[m(t,7) m(o+1,8)],'-');
    o=o+2;
end

```

```

o=1;
for t=1:size(y28)
    hold on;
    plot([7 8],[m(t,8) m(o,9)],'-');

```

```

    hold on
    plot([7 8],[m(t,8) m(o+1,9)],'-');
    o=o+2;
end
o=1;
for t=1:size(y29)
    hold on;
    plot([8 9],[m(t,9) m(o,10)],'-');
    hold on
    plot([8 9],[m(t,9) m(o+1,10)],'-');
    o=o+2;
end
o=1;
for t=1:size(y210)
    hold on;
    plot([9 10],[m(t,10) m(o,11)],'-');
    hold on
    plot([9 10],[m(t,10) m(o+1,11)],'-');
    o=o+2;
end

xlim([-1 11])

```

9.2.2.4 Nedskaleringsopsjon

```

clear all;
close all;
clc;

% laster inn data i fra Excel dokument og tar bort alle NaN(tomme ruter)
[y11] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','NEDSKALE','T9:T1033');
[y12] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','NEDSKALE','U9:U1033');
y12 = y12(~isnan(y12));
[y13] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','NEDSKALE','V9:V1033');
y13 = y13(~isnan(y13));
[y14] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','NEDSKALE','W9:W1033');
y14 = y14(~isnan(y14));
[y15] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','NEDSKALE','X9:X1033');
y15 = y15(~isnan(y15));
[y16] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','NEDSKALE','Y9:Y1033');
y16 = y16(~isnan(y16));
[y17] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','NEDSKALE','Z9:Z1033');
y17 = y17(~isnan(y17));
[y18] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','NEDSKALE','AA9:AA1033');
y18 = y18(~isnan(y18));
[y19] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','NEDSKALE','AB9:AB1033');
y19 = y19(~isnan(y19));
[y110] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','NEDSKALE','AC9:AC1033');
y110 = y110(~isnan(y110));
[y111] = xlsread('KUN-Stokastisk-Volatilitet.xlsx','NEDSKALE','AD9:AD1033');

```

```
y111 = y111(~isnan(y111));
```

```
y21 = y11;  
y22=y12;  
y23=y13;  
y24=y14;  
y25=y15;  
y26= y16;  
y27=y17;  
y28 = y18;  
y29=y19;  
y210 = y110;
```

```
% klargjør innlasta data vectorer med å gjøre alle like store, y111 er  
% størst bruker denne som utgangspunkt  
y11(numel(y111)) = 0;  
y12(numel(y111)) = 0;  
y13(numel(y111)) = 0;  
y14(numel(y111)) = 0;  
y15(numel(y111)) = 0;  
y16(numel(y111)) = 0;  
y17(numel(y111)) = 0;  
y18(numel(y111)) = 0;  
y19(numel(y111)) = 0;  
y110(numel(y111)) = 0;  
% lager en matrise som inneholder alle dataene  
m = [y11(:),y12(:),y13(:),y14(:),y15(:),y16(:),y17(:),y18(:),y19(:),y110(:),y111(:)];  
% plotter punktene og tegner streker imellom  
for i=1:11  
    hold on;    %dette er loopen som plotter punktene fra år 0 til 10  
    for k=1:1024  
        hold on;  
        if m(k,i)~=0  
            plot(i-1,m(k,i),'+');  
        end  
    end  
    xlim([-1 11])  
    hold on;  
end  
  
o=1;  
for t=1:size(y21)  
    hold on;  
    plot([0 1],[m(t,1) m(o,2)],'-');  
    hold on  
    plot([0 1],[m(t,1) m(o+1,2)],'-');  
    o=o+2;  
end  
  
o=1;
```

```

for t=1:size(y22)
    hold on;
    plot([1 2],[m(t,2) m(o,3)],'-');
    hold on
    plot([1 2],[m(t,2) m(o+1,3)],'-');
    o=o+2;
end

o=1;
for t=1:size(y23)
    hold on;
    plot([2 3],[m(t,3) m(o,4)],'-');
    hold on
    plot([2 3],[m(t,3) m(o+1,4)],'-');
    o=o+2;
end

o=1;
for t=1:size(y24)
    hold on;
    plot([3 4],[m(t,4) m(o,5)],'-');
    hold on
    plot([3 4],[m(t,4) m(o+1,5)],'-');
    o=o+2;
end

o=1;
for t=1:size(y25)
    hold on;
    plot([4 5],[m(t,5) m(o,6)],'-');
    hold on
    plot([4 5],[m(t,5) m(o+1,6)],'-');
    o=o+2;
end

o=1;
for t=1:size(y26)
    hold on;
    plot([5 6],[m(t,6) m(o,7)],'-');
    hold on
    plot([5 6],[m(t,6) m(o+1,7)],'-');
    o=o+2;
end

o=1;
for t=1:size(y27)
    hold on;
    plot([6 7],[m(t,7) m(o,8)],'-');
    hold on
    plot([6 7],[m(t,7) m(o+1,8)],'-');
    o=o+2;
end

o=1;
for t=1:size(y28)

```

```

    hold on;
    plot([7 8],[m(t,8) m(o,9)],'-');
    hold on
    plot([7 8],[m(t,8) m(o+1,9)],'-');
    o=o+2;
end
o=1;
for t=1:size(y29)
    hold on;
    plot([8 9],[m(t,9) m(o,10)],'-');
    hold on
    plot([8 9],[m(t,9) m(o+1,10)],'-');
    o=o+2;
end
o=1;
for t=1:size(y210)
    hold on;
    plot([9 10],[m(t,10) m(o,11)],'-');
    hold on
    plot([9 10],[m(t,10) m(o+1,11)],'-');
    o=o+2;
end

xlim([-1 11])

```