Riskmetrics - En Diskussion, part 1

Claus Madsen
15. marts 1995
Revideret 20. april 1995
Revideret 13. november 1995

Diskussionspapir - Kommentarer Modtages Gerne

Med annonceringen af Riskmetrics-teknologien er det lykkedes J. P. Morgan at definere et "universalt" værktøj til beskrivelse af risiko på tværs af instrumenttyper. De har opnået, at den diskussion, der foregår omkring riskmanagement i øjeblikket, tager sit udgangspunkt i denne metode; eller sagt på en anden måde, J.P. Morgan har fået sat dagsordenen hvad angår risikostyring.

Diskussionen af Riskmetrics-terminologien vil blive behandlet i to step. Det første step giver en introduktion af Riskmetrics-princippet og viser en udvidelse af frameworket, så det også kan behandle afledte instrumenter. Det andet step går ind i en nærmere diskussion/analyse af den metode, der er valgt i forbindelse med estimation af volatiliteten.

Notatet indskrænker sig til at diskutere behandlingen af renteafhængige fordringer i frameworket, som obligationer, forwardkontrakter og obligations-optioner.

Afsnit 1 gennemgår approachet kort, derefter er der en diskussion af den anvendte indfaldsvinkel.

1: Definition af Riskmetrics-approachet

Hovedideen bygger på et koncept, som kan kaldes for markeds-risikoen[1]. Markeds-risikoen er defineret som usikkerheden ved fremtidige netto-afkast.

Forklaringen på at dette er en interessant størrelse, er, at når et risikomål skal defineres, er det væsentligt at der er i opstillingen af risikomålet, er en entydig sammenhæng mellem afkast og risiko.

Markeds-risikoen er beregnet med udgangspunkt i volatiliteten i de relative afkast. Formålet med markeds-risiko er altså, at den skal give et mål for fordelingen/usikkerheden omkring det

[1] Dette betyder dog ikke, at dette er den eneste form for risiko, der er værd at betragte. Andre risici, som principielt set også skal inkorporeres, er kreditrisiko, afviklingsrisiko og likviditetsrisiko. Disse risici er dog ikke inkorporeret i den eksisterede version af riskmetrics.

forventede afkast. Det relative afkast (RA) er defineret således[2]:

$$RA = \frac{P_{t-1} - P_t}{P_{t-1}} \tag{1}$$

I forbindelse med fastlæggelsen af et decideret nøgletal er det nødvendigt at fastlægge den stokastiske proces, priserne antages at følge, og vælge hvilken metode der skal anvendes, når volatiliteten skal specificeres.

J. P. Morgan foretager følgende to valg: for det første, at det relative afkast er normalfordelt eller mere præcist følger en Random-Walk[3], for det andet, at volatiliteten skal fastlægges ved at se på den historiske udvikling i det relative afkast.

J.P. Morgan vælger herudover at definere en adverse-bevægelse i det relative afkast (RA_a) som en daglig ændring i begge retninger (op eller ned), der ikke forventes at ske i mere end 5% af tilfældende, således:

$$P(\mu - RA_a;\mu + RA_a) = 90\% \tag{2}$$

Hvor μ er det forventede afkast.

Dette betyder, at en adverse-bevægelse er ækvivalent med 1.65 gange volatiliteten under hensyntagen til, at ændringerne i det relative afkast (RA_a) er normalfordelt, således:

$$RA_a = 1.65\sigma_t \tag{3}$$

---

[2] I J. P Morgan "Enchancements to RiskMetrics" 15. marts 1995, betragtes en alternativ måde til beskrivelse af det relative afkast, nemlig log-ændringerne. Disse to metoder er dog approximativt identiske, som også påpeget af J. P. Morgan.

[3] Dette betyder, at den stokastiske proces for priserne kan skrives som:

$$\frac{dP}{P} = \sigma_t dW$$

for W værende en Wiener-proces. Det kan altså konkluderes, at det implicit antages, at priserne følger en geometrisk Browning proces med en drift lig nul (0).

Selve Random-Walk antagelsen foretager J.P. Morgan dog kun som basale indledende forudsætninger. De anvender dog ikke antagelsen i praksis. De forudsætter derimod, at volatiliteten i det relative afkast kan beskrives ved en eksponential moving average model. I første udgave af Riskmetrics (fra oktober 1994) betragtes volatiliteten omkring en estimeret middelværdi. Pga de problemer, der er ved at estimere middelværdier, ændrede de fra og med primo maj 1995 denne antagelse. Volatiliten bliver nu beregnet under hensyntagen til, at middelværdien er nul (0).

Forklaringen på, at jeg i notatet alligevel har valgt at tage udgangspunkt i Random-Walk-antagelsen, er at denne er den mest simple model-forudsætning. Der vil ikke i notatet ske en decideret analyse/diskussion af måden, hvorpå volatiliteten skal/kan fastlægges. Notatet vil derimod diskutere selve det opstillede markeds-risiko framework.

Formel 3 har den implikation, at prisen som en funktion af sandsynligheden antages at ligge i følgende interval:

$$
\begin{aligned}
P(85\%) &= P \pm 1.44 P\sigma_t \\
P(90\%) &= P \pm 1.65 P\sigma_t \\
P(95\%) &= P \pm 1.96 P\sigma_t
\end{aligned}
\qquad \textbf{(4)}
$$

P er den aktuelle værdi af instrumentet.

Det væsentligste nøgletal[4] er DEaR (Daily-Earnings-at-Risk), hvor DEaR er defineret som det estimerede potentielle tab på en portefølje som følge af en adverse-bevægelse over en 24 timer (1 dag) "unwind"-periode.

For en enkelt renteafhængig fordring X kan $DEaR_x$ udtrykkes som:

$$DEaR_x = \frac{1}{P_x}\frac{\delta P_x}{\delta q_x}(\Delta q_x) q_x \qquad \textbf{(5)}$$

P_x er positionens værdi, $\frac{\delta P_x}{\delta q_x}$ er positionens følsomhed over for ændringer i q_x, og Δq_x er et udtryk for en adverse-prisbevægelse i q_x. Det kan i den forbindelse konkluderes, at hvis "unwind"-perioden er mindre end 24 timer, vil nøgletallet fra formel 5 overvurdere risikoen[5]. Hvis "unwind"-perioden er større end 24 timer, sker der en undervurdering.

For en portefølje bestående af to instrumenter X og Y er det i udregningen af $DEaR_{xy}$ nødvendigt at inkorporere korrelationen mellem q_x og q_y, hvor dette giver følgende resultat[6]:

$$
\begin{aligned}
DEaR_{xy} &= \sqrt{\underline{D}\,\underline{\underline{C}}\,\underline{D}^T} \\
&\textit{for} \\
\underline{D} &= [DEaR_x \quad DEaR_y] \qquad \textit{DEaR Vektoren} \\
\underline{\underline{C}} &= \begin{bmatrix} 1 & \rho_{xy} \\ \rho_{xy} & 1 \end{bmatrix} \qquad \textit{Korrelationsmatricen}
\end{aligned}
\qquad \textbf{(6)}
$$

[4] Dette skal forstås på den måde, at det er dette nøgletal, der er det basale udgangspunkt for fastlæggelse af andre nøgletal som Value at Risk (VaR). Hvor VaR er defineret som DEaR gange kvadratroden af "unwind"-perioden.

[5] Det kan herudfra ses, at likviditetsrisiko kan inddrages på en simpel måde, nemlig ved at ændre/forlænge "unwind" perioden.

[6] Hvor dette udtryk på simpel vis kan udvides til en portefølje bestående af m-instrumenter.

Det eneste punkt, der mangler at blive behandlet, er, hvorledes er q defineret?

Når det er renteafhængige fordringer, der bliver behandlet, er det logisk, at q betragtes som en eller anden rentesats.

Volatiliteten i rentestrukturen findes herefter ved at vælge et antal løbetider på rentestrukturen og derefter beregne volatiliteten i hver af disse rentesatser (nulkuponrenter). Der foretages en simultan fastlæggelse af korrelationsmatricen. Den fundamentale antagelse er selvfølgelig, at hver eneste af rentesatserne antages at følge en Geometrisk Brownsk bevægelse (se note 3).

2: Diskussion og Udvidelse af Riskmetrics Approach

Hvis der ses bort fra forudsætningerne bag volatilitets estimationsprincippet, er der to væsentlige indvendinger. For det første er der ingen worst-case scenarier inkorporet (dvs såkaldte ekstreme udfald), for det andet er der ikke taget hensyn til konveksiteten, når DEaR bliver fastlagt. Principielt set kan optioner derfor ikke kan behandles på korrekt vis.

I J.P. Morgan "Enhancements to RiskMetrics" 15. marts 1995, er der dog foreslået en måde, hvorpå fordringer, der er overvejende ulineære i tilstandsvariablene, kan behandles, en såkaldt "Full Valuation model". Denne indfaldsvinkel vil nedenfor blive sammenlignet med den her foreslåede metode[7].

Hvad angår worst-case scenarier henvises til papiret "Riskmetrics - En Diskussion, part 2", samt til Shaw 95.

I forbindelse med optioner er der to forhold, der ikke bliver behandlet på tilfredsstillende vis i riskmetrics. For det første anvendes kun første ordens approximationer. For det andet tages der ikke højde for volatilitetetsfølsomheden.

Lad mig først genkalde udtrykket for DEaR, således:

$$DEaR = \frac{1}{P}\frac{\delta P}{\delta r}(\Delta r)r \qquad \textbf{(7)}$$

Det fremgår heraf, at den adverse-prisbevægelse, incl. renteniveauet (dvs leddet $(\Delta r)r$) fungerer som et normeringsparameter på den antagede shift-funktion. Dette har den implikation, at frameworket på simpel vis kan udvides til også at gælde for en multi-faktor rentestruktur model[8].

For at få defineret DEaR for optioner er det kun nødvendigt at vide, hvordan rentefølsomheden for optioner bliver opgjort, og derefter anvende den adverse-prisbevægelse som et

---

[7] Se endvidere Wilson 1995, der diskuterer en række forskellige metoder til at indrage gamma-effekten i bestemmelsen af DEaR.

[8] Se arbejdspapiret "APT-modellen og variationer i rentestrukturen".

normeringsparameter. For en anden ordens approximation giver dette følgende resultat[9]:

$$DEaR_o[S(t,T)] = \left[-\Delta k^k[S(t,T)]a + \frac{1}{2}[\Gamma(k^k[S(t,T)]a)^2 + \Delta Q^k[S(t,T)]a^2]\right]\frac{1}{V_o} \qquad \textbf{(8)}$$

V_o, Δ og Γ er optionens pris/værdi, delta og gamma. $k^k[S(t,T)]$ og $Q^k[S(t,T)]$ er henholdsvis kursrisikoen og curvaturen på den underliggende kuponobligation, der er beregnet som en funktion af den predefinerede additive shift-funktion S(t,T). a er den adverse-pris/rente-bevægelse (incl. renteniveauet). Det kan ses, at formel 8 er et udtryk for DEaR på en option beregnet som en funktion af en eller anden predefineret shift-funktion.

Hvad angår inddragelse af konveksitet i forbindelse med bestemmelse af DEaR for henholdsvis spotinstrumenter eller forward/futures-kontrakter, er dette en elementær udvidelse og vil af pladshensyn ikke blive foretaget her.

Et andet punkt, der heller ikke er taget højde for i fastlæggelse af DEaR for optioner, er volatilitetsfølsomheden. Hvis den estimerede volatilitet er forskellig fra den implicitte volatilitet, er det nødvendigt at tage højde for dette, når DEaR for optioner beregnes[10]. Hvor dette ihvertfald er tilfældet, hvis denne volatilitets forskel direkte giver anledning til en ændring i optionsprisen.

Hvis dette skal inddrages, betyder det, at formel 9 kan omskrives således:

$$DEaR_o[S(t,T)] = \left[\eta\Delta\sigma_t - \Delta k^k[S(t,T)]a + \frac{1}{2}[\Gamma(k^k[S(t,T)]a)^2 + \Delta Q^k[S(t,T)]a^2]\right]\frac{1}{V_o} \qquad \textbf{(9)}$$

η er eta/vega (dvs volatilitetsfølsomheden), og $\Delta\sigma_t$ er defineret som forskellen mellem den implicitte volatilitet på tidspunkt t og den estimerede volatilitet på tidspunkt t[11].

I arbejdspapiret "Hedging med Obligations-Optioner" blev der bl.a. peget på at 1) hvis volatiliteten er "lav", 2) hvis løbetiden er "kort", og 3) hvis optionen er tæt på "at-the-money",

9 Se arbejdspapiret "Hedging med obligations-optioner". Det skal påpeges, at formel 8 er opstillet under den basale antagelse, at optionsprisen er defineret a la Black-Scholes. Endvidere er der set bort fra prisfølsomheden, der kan henføres til den nulkuponobligation, hvis udløbsdato er identisk med optionens exercisedato. Dette udtryk udvides endvidere nemt til direkte rentestruktur-baserede optionspris-modeller som dem fra arbejdspapiret "Prisfastsættelse af optioner på kuponbærende obligationer".

10 Hvor den implicitte volatilitet er identisk med den estimerede volatilitet, er dette uvæsentligt, da det nu "kun" er de afledte prisbevægelser i det underliggende instrument der er af interesse. Mere præcist kan det siges, at hvis ikke optionsprisen vil ændre sig som en funktion af forskellen mellem den implicitte volatilitet og den estimerede volatilitet, er volatilitetsfølsomheden uvæsentlig i fastlæggelse af DEaR. En alternativ måde at inddrage volatilitetsfølsomheden i udregningen af DEaR kunne være at sammenligne den historiske udvikling i den implicitte volatilitet med den aktuelle implicitte volatilitet.

11 Det skal dog lige påpeges, at hvis det er en rentestruktur-baseret optionsmodel, der er anvendt, så vil $\Delta\sigma_t$ være en vektor af volatilitetsforskelle.

er en anden ordens approximation til beskrivelse af optioners pris-rente relation ikke tilstrækkelig. Det vil her være naturligt at udvide analysen med en simulering. Det kan altså konkluderes, at det generelt "kun" er nødvendigt at udvide risikoanalysen med simulering, når en (1) ud af de tre (3) ovenstående kriterier er opfyldt[12].

Hvad angår DEaR for optioner (formlerne 8 og 9) er disse opstillet under den antagelse, at korrelationen mellem de enkelte rentebevægelser er nul (0). Hvis disse udtryk skal generaliseres til tilfældet, at korrelationen kan være forskellig fra nul (0), gøres dette ved at beregne en DEaR for optioner udregnet som en funktion af hver af betalingerne på den underliggende kuponobligation. Herefter kan formel 6 anvendes direkte til at finde DEaR for optionen[13].

Det approach, der her er opstillet til fastlæggelse af DEaR på obligations-optioner er et såkaldt parametrisk framework. Dette afviger fra den metode, J.P. Morgan 15. marts 1995 foreslår, i deres "Full Valuation model" (FVM). Ideen i FVM kan beskrives på følgende måde: med udgangspunkt i den estimerede korrelationsmatrice fastlægges først en nedre trekantsmatrice ved anvendelse af choleskifaktorisering. Derefter foretages en sampling fra en multidimensionel normalfordeling med middelværdi lig nul (0) og varians lig enhedsmatricen. Slutteligt foretages herudfra en generering af de multidimensionelle normalfordelte afkast, som slutteligt omformes til priser[14]. Fordelingen af options-priserne givet det opstillede scenari kan herefter findes ved at foretage en decideret options-prisfastsættelse, givet dette udfaldsrum. Det kan altså herudfra konkluderes, at FVM bygger på Monte Carlo simulering.

Hvad angår Monte Carlo simulering er beregningshastigheden væsentlig langsommere end et parametriske approach. Det parametriske approach har altså den fordel, at det er hurtigt, men det er som bekendt kun et lokalt risikonøgletal. Det er et stående spørgsmål, om det lokale risikomål også kan betragtes som et globalt risikomål - det er her stres-testning kommer ind i billedet. Dette er blevet udtrykt meget elegant af Bob Gumerlock, Swiss Bank Corporation, "When O´Conner set up in London at Big Bang, I built an option risk control system incorporating all the greek letters - deltas, gammas, vegas, thetas and even some higher order ones as well (the delta of the gamma and the gamma of the vega). And I'il tell you that during the crash it was about as useful as a US theme park on the outskirts of Paris", citat fra Chew 1994.

Det kan hermed konkluderes, at stres-testing er af stor vigtighed. Et parametrisk approach er altså generelt ikke tilstrækkelig når porføljens globale risiko skal opgøres[15]. Styrken i det parametriske approach ligger derimod i dens simplicitet og at den under "normale" markedstilstande vil være et relativt præcist udtryk for porteføljens om ikke globale risiko, så lokale

[12] Et andet alternativ kunne være at foretage en tredie ordens approximation, se arbejdspapiret "Hedging med Obligations-Optioner".

[13] Teknikken er altså identisk med det princip, der skal anvendes, når DEaR skal beregnes på kuponobligationer.

[14] For nærmere beskrivelse henvises til J.P. Morgan "Enhancements to RiskMetrics", 15. marts 1995.

[15] For en teknik til stres testing henvises til arbejdspapiret "Riskmetrics - En Diskussion, part 2".

risiko.

Et sidste kritisk punkt i forbindelse med dette framework er, at det antages, at det forventede afkast er nul (0), $E\left[\frac{P_{t-1} - P_t}{P_{t-1}}\right] = 0$.[16]

I og med at det forventede afkast for en given fordring er defineret som summen af det risikofri afkast og et risikoafhængigt afkast[17], vil dette generelt have den implikation, at det forventede afkast er forskelligt fra nul (0).

Generelt må det siges, at antagelsen om, at driften er nul (0), ikke er en tilfredsstillende antagelse. Dette gælder især når det er renteafhængige fordringer der betragtes. Dog skal det pointeres, at i manglen af en model til fastlæggelse af driften (middelværdien) er dette, formentlig den bedste antagelse, hvilket også er påpeget af J.P. Morgan 15. marts 1995.

En mulig generalisering af modellen vil derfor være at opstille et modelframework i en generel rentestruktur-betragtning. Det vil her være mest naturligt at vælge Heath, Jarrow og Morton (HJM) frameworket, da en af de smukke egenskaber ved HJM frameworket er, at når først volatilitetsstrukturen er bestemt, er hele processen for rentestrukturen kendt, fordi initial rentestrukturen er givet. Dette vil nemlig gøre det muligt at anvende modellen for det forventede afkast (SOR-modellen "Surface-Of-Return") fra arbejdspapiret "APT-modellen og Variationer i Rentestrukturen". En sådan ændring af perspektivet vil dog betyde, at nye problemer/udfordringer vil opstå, nemlig: hvorledes skal volatilitetsstrukturen i HJM frameworket fastlægges[18]?

3: Et praktisk eksempel

For at belyse det forrige lidt yderligere vises et eksempel på nøgletal udregnet i dette framework, sammenlignet med de traditionelle nøgletal som mod. varighed og mod. konveksitet.

Analysedato (valørdato) er valgt til 15. november 1995. Den adverse-prisbevægelse er defineret som en daglig ændring, der ikke forventes at ske i mere end 0.5% af tilfældene. Volatiliteten er estimeret med udgangspunkt i dag-til-dag udviklingen i den estimerede rentestruktur for perioden 23. marts 1995 til 15. november 1995[19]. Shift-funktionen er defineret som i det traditionelle en-faktor-varigheds-approach. Det forudsættes også at

[16] Hvor dette både er en indvending mod selve Random-Walk forudsætningen og nul (0)-middelværdi antagelsen fra J.P. Morgan 15. marts 1995.

[17] Husk nemlig på, at det forventede afkast på en given fordring kun er lig den risikofri rente, hvis markedsrisko-preference-parameteret er lig nul (0).

[18] For en yderligere diskussion heraf henvises til arbejdspapiret "Rentestrukturdynamikken og Valg af Tilstandsvariable - et Multi-Faktor Approach", foråret 1995.

[19] En summarisk oversigt over den estimerede volatilitetsstruktur samt korrelationsmatrice er vist i Appendix A.

optionerne er prisfastsat ved den implicitte volatilitet (dvs markedspriserne = de teoretiske priser). "Unwind"-perioden er arbitrært sat til 7 dage.

Dette giver følgende resultat:

Fondskode	Papirnavn	Nominelt	Teoretisk Pris	Mod. Varighed	Mod. Konveksitet	VaR
2050668	fT04dec	200	95,661	-6,359	0,533	2,186
2050676	cT04dec89	100	6,578	-91,254	12,050	28,583
2050714	cT04dec93	100	2,940	-165,319	123,888	48,449
2050773	cT04dec88	100	7,703	-73,852	17,188	22,889
2056658	pT04dec96	100	1,300	256,911	386,978	94,255
991554	09,00% INK St.l 98	200	107,655	-2,607	0,095	1,422
991783	07,00% INK St.l 04	400	95,189	-6,446	0,545	2,203

For det første skal det fremhæves, at VaR-nøgletal (af principielle årsager) altid opgøres som værende positive. For det andet skal det påpeges, at forklaringen på, at VaR-nøgletallet er mindre (numerisk set) i forhold til de traditionelle nøgletal skyldes størrelsen af den adverse-prisbevægelse, spotrente-volatiliteten og den predefinerede "unwind"-periode.

Et sidste punkt her er følgende spørgsmål - hvorledes skal VaR for denne portefølje beregnes?

Dette kan kun gøres ved at fastlægge porteføljens VaR-vektorer, hvorefter formel 6 direkte kan anvendes til at bestemme VaR for porteføljen.

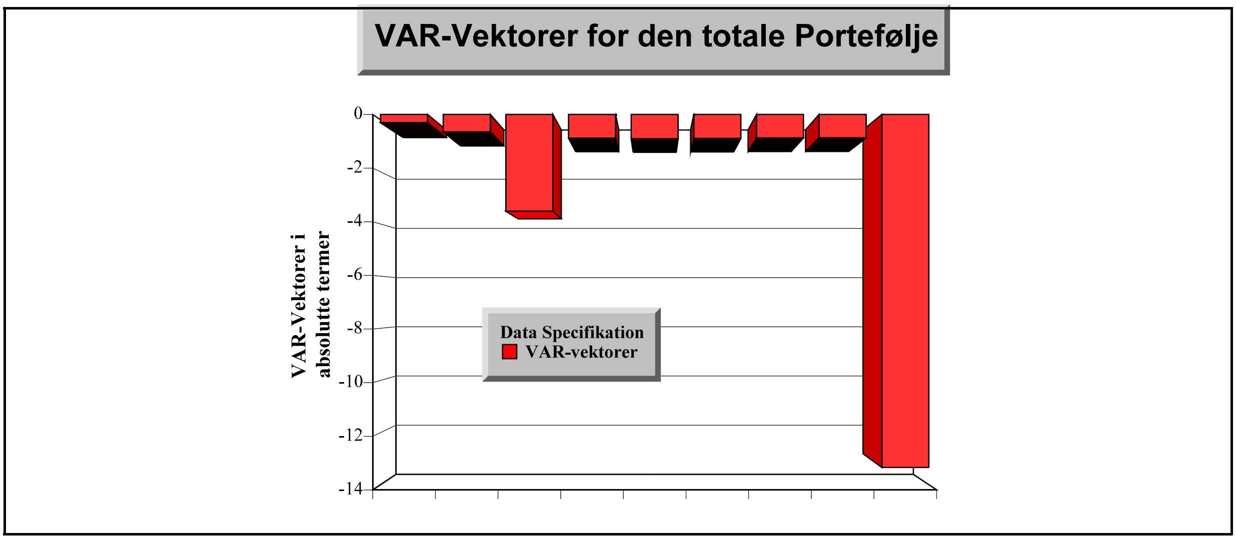
VaR-vektorerne er Riskmetrics-metodens pendant til delta-vektorer for henholdsvis spotinstrumenter og forwardkontrakter[20]. Fastlæggelse af disse er derfor elementære.

Hvad angår VaR-vektorer for optioner på kuponobligationer, der er prisfastsat under den direkte metode, er det nødvendigt at redefinere optionsudtrykket til den måde, hvorpå man vil prisfastsætte optioner på kuponobligationer i en rentestrukturmodel (under hensyntagen til at

[20] Futureskontrakter vil her blive behandlet som forwardkontrakter.

der eksisterer et analytisk udtryk). De VaR-vektorer, som bliver beregnet i den forbindelse, indeholder dog i modsætning til VaR-vektorerne for henholdsvis spotinstrumentet og forwardkontrakten også konveksiteten. Teknikken er som forklaret i afsnit 3.

Grafisk kan den resulterende VaR-vektor for den totale portefølje vises således:



Dette betyder, at porteføljens totale nøgletal bliver:

Mod. Varighed	Mod. Konveksitet	VaR
-6,891	1,748	2,066

De tilsvarende nøgletal i det tilfælde, hvor der ikke er købt 100 i put-optionen men derimod solgt 100 bliver:

Mod. Varighed	Mod. Konveksitet	VaR
-7,745	0,501	2,722

I forbindelse med fastlæggelse af VaR (eller DEaR) er det som i al anden form for opstilling af risikomål nødvendigt, at de i så vidt muligt omfang testes.

I en VaR-model er det essentielt, at to forhold bliver testet:

1: Model komponenterne

2: Model outputtet

Hvad angår aftestning af model-komponenterne, tænkes der hovedsageligt 1) volatilitets-estimations-antagelsen (herunder fastlæggelse af korrelationsmatricen), 2) om den predefinerede "unwind"-periode er i overensstemmelse med beholdningens størrelse og handelsfrekvensen, og 3) om risikoparameteriseringen er tilstrækkelig - lokalt[21].

At teste modellens output er derimod mere problematisk. VaR er principielt et betinget forecast; det er et forecast af det potentielle tab betinget af en specifik porteføljestruktur. Det følger heraf, at det må forventes, at VaR kun bliver "overgået" i rundt regnet 1% af tilfældene, hvis og kun hvis porteføljestrukturen forbliver uforandret over den eksponeringshorisont, VaR bliver fastlagt for (i eksemplet her 7 dage). Denne betingelse er pr. definition ikke opfyldt; for det første vil porteføljen ændre sig fra dag til dag på grund af den daglige handel, og for det andet vil en effektiv risk management også resultere i, at porteføljestrukturen vil være anderledes, end den ellers ville have været. På sin vis kan det derfor siges, at en god risikorapport er som et godt økonomisk forecast; hvis den bliver taget seriøst ex ante, vil den være fejlagtig ex post!

Af disse to alternativer er den første selvfølgelig at foretrække.

4: Konklusion

Alt i alt kan det dog konkluderes, at selve ideen i at opstille et universalt værktøj til at fastlægge markeds-risiko er af overordentlig stor vigtighed.

Dette betyder dog ikke, at Riskmetrics-frameworket løser alle problemerne, men at introduktionen af riskmetrics har medført, at markedsdeltagerne har fokuserede mere på riskmanagement. For det første for at sammenligne deres egne interne risikostyringssystemer hermed, og for det andet har det formentlig fået visse markedsdeltagere, der måske ikke havde egne systemer, til at tænke lidt mere over konsekvensen.

Hovedparten af den diskussion der i øjeblikket er i gang, vil formentlig beskæftige sig med følgende tre områder: for det første hvorledes skal prisprocessen fastlægges, herunder hvorledes skal volatiliteten og for den sags skyld korrelationen estimeres. For det andet at generalisere frameworket til også at kunne behandle fordringer med asymmetriske prispatterns (såsom optioner). For det tredje inkorporering af kreditrisiko.

Hovedformålet med dette arbejdspapir har været at opstille en simpel og intuitiv teknik hvormed det er muligt at beregne DEaR (eller VaR) på optioner på obligationer på en sådan måde, at den asymmetriske egenskab direkte bliver inkorporeret. Yderligere blev det vist, at det i den forbindelse var muligt, at finde et udtryk for VaR for en renteafhængig portefølje bestående af henholdsvis spotinstrumenter, forwardkontrakter og optioner.

[21] Når der anvendes vendingen lokalt skal dette betyde at der som nævnt tidligere ikke er indeholdt nogen stres test af porteføljen i den originale VAR-model. Således at det der skal kontrolleres er om modellen er tilstrækkelig præcis for lokalt "små" ændringer i model-parameterne.

Litteraturliste

1: Lawrence og Robinson 1995
"How Safe is RiskMetrics?", Risk, Vol. 8, no. 1, januar 1995, side 26-29.

2: Longerstaey og Zangari 1995
"A Transparent Tool", Risk, Vol. 8, no. 1, januar 1995, side 30-33.

3: Madsen 1994
"Hedging med obligations-optioner", arbejdspapir Realkredit Danmark, 11. august 1994.

4: Madsen 1994
"Prisfastsættelse af optioner på kuponbærende obligationer", arbejdspapir Realkredit Danmark, 7. oktober 1994.

5: Madsen 1994
"APT-modellen og variationer i rentestrukturen", arbejdspapir Realkredit Danmark, 29. november 1994.

6: Madsen 1995
"Rentestrukturdynamikken og Valg af Tilstandsvariable; et Multi-Faktor Approach", arbejdspapir Realkredit Danmark, november 1995.

7: J. P. Morgan oktober 1994
"RiskMetrics - Technical Document", J. P. Morgan Global Research

8: J. P. Morgan 15. marts 1995
"Enhancements to RiskMetrics", J. P. Morgan Global Research

9: Shaw 17. april 1995
"Beyond Var and Stress Testing"
Arbejdspapir BZW.

10: Unibank 1995
"Advanced Risk Measures", Fixed Income Research, Paper no. 23, januar 1995.

12: Wilson 1995
"Calculating Risk Capital"
Arbejdspapir Mckinsey & Company, London.

Appendix A

Specifikation af volatilitetsstruktur og korrelationsmatrice estimeret pr. 15. november 1995 over perioden 23. marts 1995 til 15. november 1995 på daglige observationer.

Løbetid	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rente Volatilitet	22,1	17,5	20,5	20,3	17,7	14,9	12,8	11,6	10,9	10,5	10,4
Effektiv Rente	5,45	5,47	5,76	6,17	6,58	6,95	7,26	7,51	7,72	7,89	8,04
Mod. Varig-hed	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pris Volatilitet	0,6	0,96	2,36	3,77	4,65	5,18	5,59	6,08	6,72	7,49	8,35
Korrelations-Matrice											
	1	0,281	-0,12	-0,13	0,065	0,291	0,37	0,389	0,396	0,401	0,407
	0,281	1	0,862	0,752	0,541	0,152	-0,07	-0,14	-0,15	-0,13	-0,08
	-0,12	0,862	1	0,949	0,672	0,126	-0,2	-0,31	-0,33	-0,32	-0,28
	-0,13	0,752	0,949	1	0,853	0,358	-0	-0,15	-0,19	-0,19	-0,15
	0,065	0,541	0,672	0,853	1	0,784	0,491	0,341	0,282	0,273	0,294
	0,291	0,152	0,126	0,358	0,784	1	0,923	0,841	0,797	0,781	0,782
	0,37	-0,07	-0,2	-0	0,491	0,923	1	0,983	0,964	0,952	0,942
	0,389	-0,14	-0,31	-0,15	0,341	0,841	0,983	1	0,996	0,988	0,978
	0,396	-0,15	-0,33	-0,19	0,282	0,797	0,964	0,996	1	0,998	0,99
	0,401	-0,13	-0,32	-0,19	0,273	0,781	0,952	0,988	0,998	1	0,997
	0,407	-0,08	-0,28	-0,15	0,294	0,782	0,942	0,978	0,99	0,997	1

Prisvolatiliteten er beregnet over den modificerede varighed efter følgende udtryk:

$$\sigma_P = \sigma_R D_M R \tag{10}$$

R er den effektive nulkuponrente, D_M er den modificerede varighed, og σ_R og σ_P er henholdsvis rente-og prisvolatiliteten[22].

[22] Yderligere skal det nævnes, at volatiliteten her er opgjort som en pro anno sats.