

UNIVERZITET U BEOGRADU

Matematički fakultet

# Upravljanje rizikom pomoću VaR-a

**Master rad**

Mentor: dr Jelena Jocković

Student: Jovana Ćosić  
Br. indeksa: 1114/2014

Beograd  
Septembar, 2016

## Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Rizik .....	3
2.1. Pojam, etimologija i definicija rizika .....	3
2.2. Klasifikacija i tipovi rizika .....	4
3. Upravljanje rizikom u finansijskom poslovanju.....	8
3.1. Tehnike za upravljanje rizikom .....	10
3.2. Proces upravljanja rizikom .....	11
4. VAR.....	16
4.1. Pojam, definicija i računanje VaR-a.....	16
4.2. Volatilnost i korelacija.....	19
4.3. Metode VaR-a .....	22
4.4. Testiranja .....	36
5. Upravljanje rizikom pomoću VaR-a.....	38
5.1. Upravljanje tržišnim rizikom.....	39
5.2. Upravljanje kreditnim rizikom .....	40
5.3. Upravljanje operativnim rizikom .....	41
5.4. Prednosti i mane VaR-a.....	42
5. Zaključak .....	44
6. Literatura .....	45



# 1. Uvod

*“Jedino što je sigurno je da ništa nije sigurno.” (Sokrat)*

Funkcionišemo u neizvesnom svetu, i stvari retko kad idu po planu. Svaki korak ima element rizika, samim tim njegov ishod je neizvestan. Nećemo uvek dobiti očekivani rezultat, i zato moramo upravljati rizikom da bismo umanjili neizvesnost što je više moguće. Od početka čovečanstva ljudi su suočavani sa rizicima, i kada bi naučili da se zaštite od rizika, novi rizici bi iskršli. Kao posledica progressa novi rizici će se uvek javljati, koliko god ljudi uspevali da se zaštite. Ne postoji način da se izbegne rizik, samim tim je neophodno da upravljanje rizikom bude u stalnom razvoju. Frank H. Knight prvi uvodi pojam rizika i neizvesnosti u ekonomiju u svom radu „Rizik, neizvesnost i profit“. Osnovni cilj upravljanja rizicima u ekonomiji je zaštita svih resursa, kojima raspolaže institucija, kroz zaštitu same imovine i budućeg profita, smanjivanjem potencijalnih gubitaka. Glavna metodologija kojom će se povećati sigurnost ulaganja je VaR (VaR je skraćenica za Value at risk, tj. VaR je parametar vrednosti pri riziku) metoda upravljanja rizicima. Prognozom mogućih ishoda, menadžment određuje strategije i procenjuje ciljeve u odnosu na moguće rizike.

Rizik je apstraktan pojam koji opisuju mnogobrojne definicije, mi ćemo navesti neke najopštije u drugom poglavlju, i ukratko ćemo opisati nastanak reči rizik. Zatim ćemo se baviti tipovima rizika i njegovom klasifikacijom u finansijskom svetu, koja može biti veoma subjektivna za svaku kompaniju. Kako je rizikom neophodno upravljati da bi se sprečile posledice koje proizilaze iz negativnih ishoda, ili makar umanjile, u trećoj glavi ćemo opisati neke od tehnika za upravljanje rizikom. Takođe ćemo i predstaviti i sam proces upravljanja rizikom, koji uključuje sve nivoe menadžmenta, kao i spoljašnju kontrolu.

Trenutno najaktuelnijom i najadekvatnijom metodom za upravljanjem rizikom se smatra VaR, tačnije vrednost pri riziku. Najpre ćemo u četvrtom poglavlju dati definiciju VaR-a i način njegovog izračunavanja, zatim ćemo se osvrnuti na volatilnost i korelaciju, kao veoma bitne aspekte za konačno izračunavanje VaR-a. Opisaćemo tri najosnovnije metode VaR-a, a to su analitička ili parametarska metoda, istorijska metoda i Monte Karlo (Monte Carlo) simulacija. Svaka metoda ima svoje prednosti i mane, i na osnovu njih se bira najbolja metoda za zadati problem. VaR je sjajan način za izračunavanje rizika sa kojim se kompanije susreću, ali je veoma bitno da menadžeri budu u svakom momentu svesni svih njegovih nedostataka, pre donošenja konačne odluke. Zato se vrlo često koriste testiranja ekstremnih događaja, kao

tehnika koja pruža dodatne informacije i povratno testiranje za proveru tačnosti modela VaR-a. U petom poglavlju ćemo opisati upravljanje rizikom pomoću VaR-a, ne samo kao metodu merenja rizika, već i sredstvo za kontrolu i aktivno upravljanje rizikom, sa kratkim osvrtom na upravljanje tržišnim, kreditnim i operativnim rizicima. U poslednjem delu je iznet zaključak o čitavom radu.

## 2. Rizik

### 2.1. Pojam, etimologija i definicija rizika

U svakom segmentu ljudske delatnosti susrećemo se sa rizikom, instiktivno koncept rizika povezujemo sa nesrećom koja može da se dogodi bilo kome. Oxford rečnik definiše rizik kao mogućnost da se nešto loše desi u nekom trenutku u budućnosti, kao situaciju koja može da bude opasna ili da ima loš rezultat.[1]

Termin rizik se može pratiti do klasičnog Grčkog i označava kamen. Latinska reč (resicum, risicum, riscus) potiče od grčkog navigacionog izraza rhizikon, rhiza što označava "koren, kamen, odsečeno od čvrste zemlje" što je zapravo metafora za "teško izbeći u moru". Mornari su se svesno upuštali u rizične situacije, tačnije znali su da rizikuju svoje živote zarad nagrade.[2] To možemo smatrati fizičkim rizikom. Ako neko prelazi ulicu na crveno svetlo, on se izlaže fizičkom riziku, tj gubitku života. Dok neko ko ulaže novac na igre na sreću, takođe je podložan riziku, ali ne fizičkom, već novčanom.

Pojam rizika je drugačiji u zavisnosti od delatnosti, pa samim tim drugačije definišemo rizik u različitim disciplinama. Najopštiju definiciju rizika imamo po ISO 31000 koja kaže da je rizik efekat neizvesnosti na objekat, gde je efekat pozitivno ili negativno odstupanje od očekivanog.[3]

Zajedničko svim definicijama je neizvesnost i mogućnost gubitka. Da bi rizik postojao moraju da postoje najmanje dva ishoda. Ako imamo samo jedan ishod, zasigurno znamo šta će se dogoditi, tako da rizik ne postoji. Na primer čovek odluči da skoči sa najviše zgrade na svetu, rizik ne postoji, jer će on sigurno umreti. To je u direktnoj vezi sa verovatnoćom nekog događaja koja može biti u intervalu  $[0,1]$ . Kad je verovatnoća jednaka nuli to je nemoguć događaj, a kad je jednaka jedinici to je siguran događaj. Dakle rizik će postojati samo kad je verovatnoća u intervalu  $(0,1)$ . Verovatnoća da se dogodi cunami je mala, ali su posledice cunamija izuzetno negativne i velike, pa se cunami posmatra kao visoko rizičan događaj. Vidimo da verovatnoća događaja nije mera rizika. ISO 31000 takođe definiše rizik kao kombinaciju verovatnoće događaja i njegovih posledica.[3] Uzmimo primer klađenja na konje, jedan čovek će uložiti 500 dolara na jednog konja, a drugi 50 dolara na istog tog konja u istoj trci, dakle verovatnoća da oba čoveka izgube novac je ista. Ali ćemo reći da je prvi čovek izložen većem riziku, ako konj izgubi, jer je uložio više novca. Očekivana vrednost gubitka u datoj situaciji jednaka je verovatnoći tog gubitka pomnoženoj sa količinom mogućeg gubitka.[4] Ako je verovatnoća da

konj izgubi jednaka 0.1, onda je očekivana vrednost gubitka prvog čoveka jednaka 50 dolara, a drugog pet.

Mnoge definicije se bave samo negativnim aspektom rizika, jer ako bi oba ishoda bila pozitivna, rizik ne bi postojao, dakle makar jedan ishod mora biti negativan. Finansijski rizik uzima u obzir i negativan i pozitivan ishod, jer niko ne bi ulagao novac, ako ne postoji šansa za dobitkom.

Rizik može nastati usled promene vlade, ratova, prirodnih katastrofa, inflacije, usled ljudske greške, ili toka poslovanja, tehnoloških inovacija, dugoročnog ekonomskog rasta.

## **2.2. Klasifikacija i tipovi rizika**

Postoje mnogobrojne klasifikacije rizika, prema [4] i [5] date su sledeće:

- **Dinamički i statički rizik.** Dinamički rizik nastaje usled promena u ekonomiji, dok će se statički rizik desiti iako ne dolazi do promena u ekonomiji (promene cena, ukusa potrošača, prihoda i rashoda, tehnoloških promena). Na duže staze, dinamički rizik uglavnom ide u korist društva, dok statički uključuje uništenje ili promenu vlasništva imovine izazvane prirodnim nepogodama ili nepoštenjem pojedinaca.
- **Fundamentalni i posebni rizik.** Fundamentalni rizik utiče na deo populacije ili čak celu populaciju i izazivaju ga ekonomske, političke, društvene i prirodne pojave. Poplave, rat, nezaposlenost su primeri fundamentalnog rizika. Poseban rizik utiče na pojedince i nastaje kao posledica pojedinačnih događaja, kao što su provale, požari, pljačke.
- **Čist i špekulativni rizik.** Pri čistom riziku imamo dva ishoda, gubitak i mogućnost da se ništa ne desi, dok špekulativni rizik pored prethodna dva ishoda ima i treći, a to je dobitak. Primer čistog rizika je posedovanje imovine koja može biti ukradena, oštećena ili uništena, dok su kockanje, ulaganja na berzi, pravljenje novog proizvoda špekulativni rizici. Špekulativni rizici se preuzimaju u želji za profitom, što je profit veći, rizik će biti veći.
- **Finansijski i nefinansijski rizik.** Za razliku od nefinansijskog, finansijski rizik se odnosi na finansije, tačnije odnosi se na novčani gubitak, dok kod nefinansijskog rizika nema novčanih gubitaka.

Nestabilnost na finansijskom tržištu dovodi do neočekivanih gubitaka, dakle što je veća nestabilnost veći je rizik. Na nestabilnost utiču različite promenljive, tj. faktori rizika, i njihovi

međusobni odnosi.[6] Mogu biti spoljašni (ekonomsko, pravno, ekološko, sociološko,...), unutrašnji (strategije rasta, motivisanost i potencijal kadra, oprema...) i mešoviti.

Svaka kompanija ima svoju klasifikaciju rizika u zavisnosti od svojih mogućnosti da upravlja rizicima. Samim tim postoje mnogobrojne podele rizika. Postoji podela rizika na:[6]

- Tržišni rizik
- Kreditni rizik
- Rizik likvidnosti
- Operativni rizik
- Legalni i regulatorni rizik
- Poslovni rizik
- Strategijski rizik
- Rizik reputacije

U finansijski rizik spadaju tržišni rizik i kreditni rizik.[6] Po nekim drugim podelama finansijski rizik uključuje i operativni rizik i rizik likvidnosti. Rizik preduzeća je rizik koji kompanije preuzimaju na sebe zarad pokrivanja svojih troškova i ostvarivanja profita. Mnogi faktori utiču na poslovni rizik, na primer faktor prodaje, koji zavisi od cene proizvoda i njegove potražnje. Ekonomske promene, promena ukusa kupaca, promena politike vlade, inflacija, štrajkovi utiču na poslovanje preduzeća i povećavaju rizike kojima je firma izložena. Poslovni rizik obuhvata sve navede rizike, dakle i finansijski. Banke su i korporacije i finansijske institucije te i one podležu poslovnom riziku. Strategijski rizik je rizik značajne investicije za koju postoji velika neizvesnost da li će uspeti. U slučaju neuspeha, firma će pretrpeti velike novčane gubitke, a ujedno će izgubiti i reputaciju među klijentima i investitorima.

Rizik reputacije je kada preduzeće posluje loše ili gubi klijente, usled negativnog javnog mnjenja. Reputacija firme može biti ugrožena lošim proizvodom, tužbama, nepoštovanjem zakona... Reputacija koja je građena, godinama može se izgubiti u danu. Pogotovo u današnje vreme kada se uz pomoć društvenih mreža sve informacije veoma brzo šire internetom. Legalni i regulatorni rizik nastaju usled promena u zakonima i nepoštovanja odredbi zakona, iz kojih mogu proizići kazne i sankcije od strane suda ili regulatornog tela. Tu spadaju nelegalno sklopljeni poslovi, naplate duga preko sudskih procesa, oglašavanja na promene u zakonu koje remete poslovanje preduzeća... Blisko je povezan sa rizikom reputacije, ukoliko se dovodi u



pitanje legalnost postupaka korporacije, samim tim se dovodi u pitanje i njena reputacija. Podele rizika su senovite, i rizici se međusobno prožimaju.

Operativni rizik se odnosi na potencijalne gubitke usled neadekvatnosti rada ili neuspeha procesa, sistema ili ljudi i spoljašnjih faktora. U spoljašnje faktore spada legalni rizik, nemogućnost dobavljača da isporuči robu, prestanak rada transportnog sistema... Rizik ljudskog faktora je posebna vrsta operativnog rizika, koji nastaje kada ljudska greška (unošenje pogrešnih podataka, pritisak pogrešnog dugmeta, slučajno uništavanje dokumenata) dovode do gubitaka. Tehnološki rizik, pogotovo rizik kompjuterskog sistema, takođe spada u operativni rizik, kao i rizik od prevare, fizički rizik (prestanak rada infrastrukture), rizik bezbednosti i zaštite podataka, rizik životne sredine (prirodne nepogode). Za razliku od finansijskog rizika operativni rizik ne donosi profit, niti nastaje usled svesnog preuzimanja rizika zarad profita. Ali može da prouzrokuje tržišni i kreditni rizik. Kako ljudi, sistemi i procesi nikada neće biti savršeni, tako nikad neće biti moguće ukloniti operativni rizik, ali se dobrim upravljanjem gubici mogu smanjiti. Samim tim se utiče i na reputaciju korporacije.

Rizik likvidnosti obuhvata rizik likvidnosti plaćanja (nemogućnost preduzeća da isplati svoje obaveze) i rizik likvidnosti imovine (kada preduzeće ne može da naplati svoja potraživanja). Rizik likvidnosti može da smanji vrednost imovine ili preduzeća zbog potencijalnih kapitalnih gubitaka. Rizik likvidnosti se dešava kada je pojedincu ili preduzeću hitno potreban novac u gotovini, on poseduje vrednosti u iznosu, ali nije u mogućnosti da proda, jer nema kupaca ili tržište nije dovoljno efikasno. Uzmimo za primer kuću, za koju nema kupaca, usled lošeg ekonomskog stanja, to ne znači da kuća nema vrednost. Ukoliko postoji mogućnost da se sačeka bolja situacija, kuća se može prodati i iznad svoje vrednosti, ali ako je gotovina neophodna odmah da bi se ispunili neki finansijski zahtevi, pošto ne postoji izbor, kuća se prodaje na likvidnom tržištu sa značajnim gubitkom. Dakle, posedovanje ovakve imovine je likvidni rizik. Potrebno je dobro razmotriti kupovinu imovine, koja se ne prodaje lako, pošto nastaje likvidni rizik ako imovina ne može u kratkom roku da se pretvori u gotovinu.

Kompanijama je finansijski rizik jedan od glavnih prioriteta, jer se njegov uticaj odražava na njenu solventnost, a samim tim i na sam opstanak kompanije. Finansijski rizik je špekulativni, odnosi se na novac, dakle neophodno je rizikovati da bi se profitiralo. Izazivaju ga promene na finansijskom tržištu, kao što su promena kamatne stope, cena na berzi, valutnog kursa...

Kreditni rizik nastaje kad promena kreditne sposobnosti klijenata utiče na promenu finansijske vrednosti poverioca. Dakle, zbog mogućnosti da klijent ne ispunji svoje finansijske obaveze

prema poveriocu. Klijenti mogu biti pojedinci, preduzeća, čak i strane države. Zato se kreditni rizik javlja u različitim formama. Kada klijent nije u mogućnosti ili ne želi da vrati dug, imamo ekstremni slučaj kreditnog rizika, dok ako je u mogućnosti da vrati samo deo duga, je blaži slučaj. Poverioci naknadu za preuzimanje kreditnog rizika naplaćuju klijentima u vidu kamate na obaveze duga. Što je veći kreditni rizik, veća je kamata. Kreditni rizik se računa na osnovu ukupne sposobnosti klijenta da otplaćuje dug, u slučaju pojedinaca ili manjih preduzeća koristi se kreditni skor, to jest koristi se standardizovana formula, koja uključuje različite informacije (godišnji prihodi klijenta, postojeći dugovi, imovina koju poseduju..) da bi se dobio broj koji označava kreditni skor, na osnovu kog se odlučuje da li će klijentu biti dozvoljen kredit. Kada su veće kompanije u pitanju, svaki slučaj je jedinstven, poverioci će obaviti kreditnu analizu klijenta, ali takođe i analizu ekonomske situacije okruženja klijenta, dešavanja u industriji... Postoje posebne rejting agencije koje se bave određivanjem kreditne sposobnosti i po njihovoj skali postoji samo nekoliko kompanija koje imaju najbolju kreditnu sposobnost, tj. najmanja je mogućnost da će izbeći kredit. Provera kreditne sposobnosti se obavlja da bi poverioci smanjili kreditni rizik i vrlo često će tražiti od klijenta neku vrstu osiguranja, kao što su žiranti, hipoteka, ili neki vid imovine.

Tržišni rizik nastaje usled volatilnosti, to jest neizvesnosti kretanja tržišnih cena. Najlakše ga je prepoznati, jer se sve cene beleže pri svakoj transakciji. Tokom određenog vremenskog perioda, vrednost investicije ili portfolia može da opadne zbog ekonomskih promena ili usled događaja koji mogu imati veliki uticaj na tržište, kao što su velike prirodne nepogode, teroristički napadi, politička previranja... Postoji opšti ili sistemski, koji se odnosi na tržište u celini, i specifični tržišni rizik, koji se odnosi na pojedinačnu finansijsku transakciju. Za razliku od opšteg, specifični rizik se može štititi diversifikacijom. Dakle potrebno je kupovati različite hartije od vrednosti i ulagati u različite sfere poslovanja. Ako posedujete akcije samo jedne firme, i ona proglasi bankrot, akcije postaju bezvredne, zato je bolje ulagati u različitim poljima poslovanja, na primer ulaganje u industriju nafte i u industriju koja nikako nije povezana sa naftom. Opšti rizik može da se odnosi na određenu industriju, zemlju ili celokupno ekonomsko tržište. Faktori rizika tržišnog rizika, koji zavise od promene kretanja finansijskih promenljivi, su: promene kamatne stope, deviznog kursa, cene akcijskog kapitala, cene robe, stope inflacije, poreske stope, cene strateških energenata. Tržišni rizik se povećava kako se cene investicija kolebaju, usled trgovinom njima na globalnom tržištu. Prema [6] postoje četiri glavne vrste tržišnog rizika:

- Rizik kamatne stope se odnosi na mogućnost promene finansijskog kapitala ili investicija usled promena kamatne stope.
- Rizik deviznog kursa se odnosi na mogućnost gubitka usled promene deviznog kursa.
- Rizik sopstvenog kapitala se odnosi na promenu u ceni akcija.
- Rizik promene cene robe je mogućnost da će promena početne cene robe negativno uticati na proizvođača robe (sirovih materijala)

Dakle, na tržištu ste uvek izloženi nekom riziku, zato se uvek meri sveukupni tržišni rizik koji uključuje efekte različitih komponenti. Trgovina hartijama od vrednosti i finansijskim sredstvima dovodi do promena na tržištu, koje utiče na poslovno okruženje i na nefinansijsko tržište. Tržišni rizik se meri zbog njegovog uticaja na poslovanje i investicione odluke, radi zaštite. Diversifikacija i raspodela imovine su najbolji način za zaštitu od tržišnog rizika, jer raznoliki portfolio je manje rizičan, nego kada se poseduje sva imovina istog tipa.

Literatura korišćena u ovom poglavlju je navedena pod rednim brojevima 1, 2, 3, 4, 5, 6 i 7.

### **3. Upravljanje rizikom u finansijskom poslovanju**

*“Ako ne napadate rizik, rizik će napasti vas.” (Tom Gilb)*

Rizik se ne može eliminisati, ali se može predvideti, samim tim može da se kontroliše i umanj, a u nekim situacijama i da se spreči. Rizik postoji u svim oblastima, samo se javlja u drugačijim formama, samim tim je upravljanje rizikom neophodna i široko rasprostranjena disciplina. Finansijske, zdravstvo (medicina i farmacija), informacioni sistemi, tehnološki sistemi, zaštita na radu, infrastruktura su samo neke od oblasti u kojima je upravljanje rizikom izuzetno važno. Upravljanjem rizikom se postiže da preduzeća posluju uspešno, ali isto tako se koristi u kriznim situacijama da bi se sačuvali životi, na primer protivpožarni i evakuacioni planovi... Razmatranje o mogućim budućim događajima i njihovim negativnim posledicama, planiranje i preuzimanje mera za sprečavanje i smanjivanje rizika, to jest smanjivanje posledica rizika je upravljanje rizikom. Definicija prema ISO 31000 koja kaže da upravljanje rizikom zapravo predstavlja koordinisane aktivnosti za usmeravanje i kontrolu organizacije u pogledu rizika.[3] Veoma je bitno shvatiti sve oblike rizika i uzroke njihovog postojanja zbog mogućih nepovoljnih ishoda.

Upravljanje rizikom postoji oduvek, od najranijih postojanja ljudi na planeti. Rizik sa kojim su se susretali je bio fizički, ljudski život je bio ugrožen, npr. paljenjem vatre su terali divlje

životinje od svojih domova. Kasnije, razvojem trgovine i finansijskog tržišta nastao je finansijski rizik, samim tim su se pojavili i kreditori, koji su ograničavali iznose novca koji su pozajmljivali u slučajevima kada su smatrali da kredit neće biti vraćen. Iako ljudi od pamtiveka nalaze načine da se zaštite od rizika, upravljanje rizikom je relativno nova disciplina.

Tek sredinom dvadesetog veka se razmatra koncept upravljanja rizikom, tada su postojali menadžeri koji su kupovali osiguranja kako bi se preduzeća zaštitila od rizika. Zapravo upravljanje rizikom ima osnovu u osiguranju, a zatim se razvija efikasniji pristup sprečavanja i smanjivanja rizika i posledica nastalih usled rizika. U početku se upravljanje rizicima bavilo isključivo čistim rizicima, vremenom se proširilo i na finansijske rizike. Mnoge organizacije koje su ignorisale rizike, tačnije kontrolu i upravljanje rizikom su pretrpele velike finansijske gubitke, koji su često doveli do propasti preduzeća. Od devedesetih godina upravljanje rizikom je u konstantnom razvitku, zbog mnogobrojnih finansijskih kriza koje su se desile. Zajednička crta svim finansijskim krizama je njihova nepredvidljivost, upravljanje rizikom nudi delimičnu zaštitu, pa je zato ova disciplina u stalnom razvoju.

Tako je i nastalo upravljanje rizikom preduzeća, koje se odnosi na sve rizike sa kojima se kompanija suočava. Kao što je već rečeno, svaka kompanija će malo drugačije podelite rizike, u zavisnosti od toga koji su im najvažniji. Cilj upravljanja rizikom preduzeća je bolje korišćenje kapitala koje preduzeće poseduje, ukoliko firma rizikuje sa novim poslom, nije dovoljno da očekivani prihodi budu veliki, oni moraju biti dovoljno visoki da bi nadoknadili to što je firma preuzela rizik. Prepoznavanje rizika, njegovo merenje i upravljanje njime je u skladu sa strategijom kompanije o upravljanju rizikom. Iako je osiguranje starija disciplina, sada je samo jedna od tehnika upravljanja rizikom, koji se bavi isključivo čistim rizicima.

“Upravljanje rizikom je naučni pristup u radu sa rizicima, smanjivanjem mogućih gubitaka i projektovanjem i sprovođenjem procedura koje smanjuju šansu da se dogodi gubitak ili finansijski uticaj gubitka koji se desio.”[4]

U finansijama upravljanje rizikom nije samo sprečavanje rizika, već i razmatranje kako da se zaradi usled rizika.

Na finansijskom tržištu se svakodnevno generišu ogromne količine podataka koje se mogu analizirati statističkim putem, pa je samim tim merenje finansijskog rizika lakše nego u nekim drugim oblastima, gde je rizik neodređeniji i manje je podataka poznato. Ako je određena

promenljiva u interesu (kapital, tok novca, vrednost portfolia...), onda se meri njen rizik, koji nastaje usled različitih finansijskih faktora koji utiču na nju.[10]

Finansijska teorija definiše rizik kao disperziju neočekivanog ishoda usled promena finansijskih promenljivih. Izvanredne ishode, bilo pozitivne, bilo negativne, trebalo bi posmatrati kao izvore rizika. Potrebno je pravovremeno uočiti rizike i preuzeti odgovarajuće korake, da bi se izbegle finansijske posledice i negativna reputacija u poslovanju. Upravljanje rizikom u finansijskom poslovanju se svodi na prepoznavanje i analizu rizika, i na pokušaje da se rizik otkloni ili barem umanj.

“Finansijsko upravljanje rizikom se odnosi na stvaranje i implementaciju procedura za identifikaciju, merenje i upravljanje finansijskim rizikom.”[10]

Različita sredstva nose različite nivoe rizika sa sobom. Na primer ulaganje u depozit se smatra minimalnim rizikom, dok je ulaganje u investicije dosta rizičnije, ali se svi menadžeri rizika trude da diversifikuju svoj portfolio, da bi umanjili rizik.

### **3.1. Tehnike za upravljanje rizikom**

Upravljanje rizikom je spoj teorije odlučivanja, finansiranja rizika i kontrole rizika. Upravljanjem rizikom zapravo donosimo odluke, na svim oblastima, da bismo postigli što bolje rezultate. Kontrola rizika služi za izbegavanje i smanjivanje gubitaka usled rizika, dok je finansiranje rizika obezbeđivanje sredstava da nadomeste gubitke preostale nakon kontrole rizika. Izbegavanje rizika je tehnika koja se koristi kada su negativne posledice izuzetno ozbiljne i česte, i ne mogu biti smanjene ili prebačene. Zbog toga se donosi odluka da se mogućnost rizika ne prihvati. Na primer kada fabrika odluči da ne proizvodi određen proizvod, zbog mogućnosti da korisnici budu povređeni. Proizvođači nisu spremni da preuzmu taj rizik, jer misle da donosi više štete nego koristi. Izbegavanje rizika ne može da bude jedini način upravljanja rizikom, jer preuzimanje rizika je neophodno na globalnom ekonomskom planu, ali i na pojedinačnom. Kada bi fabrika odlučila da sve rizike izbegava, ne bi proizvodila nijedan proizvod i više ne bi bila u poslu. Zato se izbegavanju rizika pristupa kao poslednjoj meri, kada nijedan drugi pristup nije moguć. Osmišljavaju se nove strategije, sa većom verovatnoćom uspeha, ali i po većoj ceni, da bi se postigli određeni ciljevi. Smanjenje rizika se zasniva na smanjivanju verovatnoće dešavanja gubitka i na smanjivanju ozbiljnosti potencijalnog gubitka. Razlikuju se tehnike sprečavanja gubitka i kontrola gubitka, koje smanjuju ozbiljnost gubitka, ako se dogodi. Zabrana pušenja u zapaljivim oblastima je sprečavanje gubitka, dok je ugradnja

vodenih prskalica kontrola gubitka. Nesreće se dešavaju ili usled ljudske greške ili mehaničke, pa postoje dva pristupa, kada se utiče na inženjerski pristup i pristup ljudskog ponašanja. Ugrađivanje vazdušnih jastuka u automobile su primer prvog, dok su reklame protiv brze vožnje i vožnje pod uticajem alkohola primer drugog pristupa. Takođe se razlikuju pristupi smanjenja gubitka u vremenu u kom se dešavaju, pre, posle ili za vreme događaja sa gubitkom. Finansiranje rizika se zasniva na zadržavanju ili prenosu gubitka koje ne možemo da sprečimo ili da smanjimo, ili na njihovoj kombinaciji. Zadržavanje rizika se dešava kada se nesvesno rizik ne prepozna ili kad ne postoji mera koja može u potpunosti da upravlja tim rizikom. Zadržavanje rizika se dešava kad nijedna druga opcija nije preostala. Može biti dobrovoljno, ako je neko spreman da ne pružme nikakvu meru protiv rizika, ili nevoljno, kada nijedna druga opcija nije moguća. Na primer kada osigurate neku imovinu na manju vrednost, nego sto je stvarna, zadržavate rizik koji je u iznosu razlike stvarne i osigurane cene. Zadržavani rizik može biti finansiran, tako što će firma odvajati sredstva i držati ih u likvidnom ili polu likvidnom stanju, kao zaštitu protiv mogućeg gubitka usled zadržavanja rizika. Koliko će sredstava biti izdvojeno zavisi od firminog toka novca i gubitaka koji mogu da nastanu. Transfer rizika je prebacivanje rizika organizacije na neko drugo lice. Javlja se u nekoliko oblika, najuobičajnija je kupovina osiguranja, ali takođe i hedžingovanje raznih ugovora kao što su “hold harmless” sporazumi, u kojima jedna strana preuzima mogućnost tuđeg gubitka. Pri kupovini osiguranja, korisnik plaća određenu premiju osiguranju, da bi oni pokrili gubitak koji može da se dogodi. Hedžingovanjem se manipuliše prodajom i kupovinom različitih sredstava da bi se izbegli gubici. Kombinacije ovih strategija se koriste u pravilnom upravljanju budućih događaja. Postoje specijalizovani kompjuterski softveri koji sadrže sve tehnike i alate za identifikaciju rizika. Ali izuzetno bitan faktor je sposobnost i mašta menadžera rizika u otkrivanju rizika kojima je organizacija izložena.

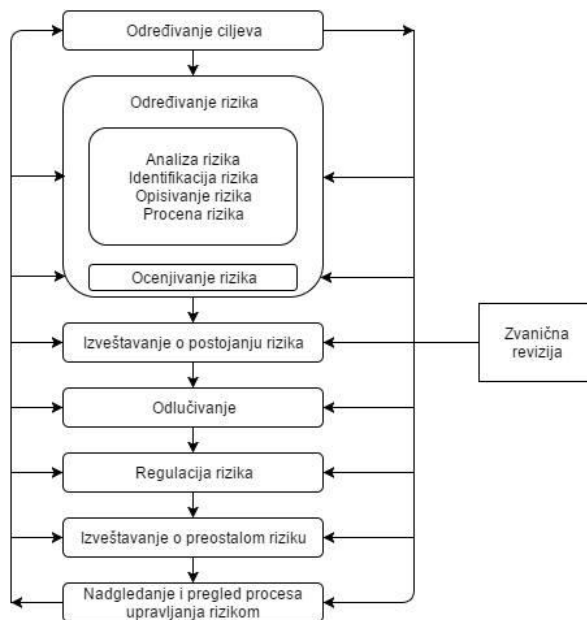
### **3.2. Proces upravljanja rizikom**

Kako je upravljanje rizikom centralni deo strateškog upravljanja svake organizacije, neophodno je da njegov proces bude neprekidan i u stalnom razvoju. Proces upravljanja rizikom se sastoji od sledećih koraka:[4]

- Određivanje ciljeva
- Identifikacija rizika
- Procena rizika
- Razmatranje i sprovođenje tehnika za upravljanje rizikom

- Sprovođenje odluke
- Procena i ponovno ispitivanje

Prema Institutu za upravljanje rizikom proces rizika se sastoji od sledećih koraka, koje vidimo na slici ispod.[9]



Slika 1. Proces upravljanja rizikom [9]

Određivanje ciljeva je prvi korak u kom se odlučuje šta se očekuje od programa upravljanja rizikom. Veoma je bitno odrediti ciljeve, jer ako se prevede, kasnije može doći do nedoslednosti i podeljenosti napora pri upravljanju rizikom. Primarni cilj je da se garantuje da će organizacija nastaviti da postoji i posluje. Ne pomaže samim ciljevima organizacije, već se stara da ti ciljevi ne budu ugroženi.

Određivanje rizika je sveobuhvatni proces analize i procene rizika.[3]

Identifikacija rizika je proces pronalaženja, prepoznavanja i opisivanja rizika.[3] Otkrivanje rizika je verovatno i najteži deo procesa, jer se neprestano odvija, čak ako bi u jednom momentu otkrili sve rizike, to ne bi značilo da se već u sledećem neće pojaviti neki novi rizici. Dakle to je neprestani proces. Da bi se rizik otkrio neophodno je izuzetno poznavanje same organizacije i njenih strateških i operativnih ciljeva, kao i faktore koji utiču na uspeh, pretnje i prilike za ostvarivanje tih ciljeva; ali takođe i tržišta na kojima posluje, kao i njeno legalno, socijalno i kulturološko okruženje. Metodičnim pristupom se određuju sve bitne aktivnosti organizacije i svi rizici koji mogu proizići iz njih.

Opisivanje rizika je njegovo predstavljanje u strukturnom formatu, na primer u tabeli, da bi se rizici mogli poređati po prioritetu, na osnovu verovatnoće i posledica rizika, radi daljeg izučavanja.

Procena rizika se bavi procenom verovatnoće događaja i njihovih posledica. Posledice povoljnih i nepovoljnih dešavanja mogu biti male, srednje ili velike. Respektivno će zabrinutost vlasnika akcija ili ljudi sa interesom u organizaciji i njihov uticaj na organizacionu strategiju ili operativne aktivnosti biti mali, umereni ili veliki. Kod velikih posledica se očekuje da finansijski uticaj na firmu premaši određenu količinu novca  $X$ , kod srednjih se očekuje da bude između  $X$  i  $Y$  (količina novca za koju važi  $Y < X$ ), dok se kod malih očekuje da bude manji od  $Y$ . Verovatnoća zahteva različit pristup za pozitivne ishode (prilike) i negativne ishode (pretnje). Verovatnoća javljanja nepovoljnih ishoda može biti visoka, srednja i neznatna. Visokom verovatnoćom se smatra ukoliko se javlja svake godine ili su šanse da se jave veće od 25 posto. Indikatori su nedavno javljanje i mogućnost nekoliko javljanja tokom određenog perioda. Srednja verovatnoća je ukoliko postoji mogućnost javljanja tokom perioda od deset godina ili su šanse manje od 25 posto. Indikatori su mogućnost više od jednog javljanja tokom određenog perioda i teška je za kontrolisanje usled spoljnih uticaja. Mala verovatnoća je kada su šanse za javljanje manje od dva posto ili kada nije verovatno da će se javiti tokom perioda od deset godina. Indikatori su da se nije javila i da se verovatno neće javiti. Verovatnoća povoljnih ishoda, takođe može biti visoka, srednja i neznatna. Visoka verovatnoća je kada je verovatno da će se desiti tokom jedne godine ili kada su šanse veće od 75 posto. Indikatori su jasne prilike sa razumnom izvešenošću, koje mogu da budu postignute tokom kraćeg perioda zahvaljujući tekućem menadžmentskom procesu. Umerena verovatnoća je kada postoje razumni izgledi da se desi tokom jedne godine sa šansom od 25 do 75 posto. Indikatori su povoljne prilike koje zahtevaju pažljivo upravljanje i prilike koje nastaju izvan plana. Mala verovatnoća kada su šanse manje od 25 posto ili postoje neki izgledi povoljnog ishoda u nekom određenom periodu. Indikatori mogu biti moguća povoljna prilika koja još uvek nije dovoljno ispitana i povoljna prilika sa malom verovatnoćom uspeha, barem na osnovu tekućih menadžmentskih resursa.[9]

Na osnovu analize smo shvatili kakav je rizik i koji je njegov nivo, to jest dobili smo profil rizika na osnovu kog možemo da poređamo rizike po važnosti. Data je osnova za procenu rizika i dalje bavljanje njima.



Ocenjivanje rizika se zasniva na poređenju procenjenih rizika sa kriterijumima rizika koje je uspostavila organizacija. Rizici se mogu kategorisati, na osnovu finansijskog uticaja na organizaciju, kao:[4]

- Kritični rizici koji bi doveli organizaciju do bankrota
- Važni rizici koji ne bi doveli organizaciju do bankrota, ali bi morala da pozajmi novac da bi nastavila poslovanje
- Nevažni rizici koje bi organizacija mogla da nadoknadi iz tekućeg toka novca ili od određenih sredstava koje poseduje

Ova podela rizika ne uzima u obzir kako je nastao finansijski gubitak, nevažno je da li je nastao poplavom, požarom ili novim poslovnim poduhvatom, rezultat je isti. Da bismo odredili kojoj kategoriji rizik pripada, potrebno je da se odredi veličina finansijskog gubitka i sposobnost organizacije da se nosi sa njim, merenjem nivoa neosiguranih mogućih gubitaka koji se mogu snositi bez kredita i određivanjem maksimalne kreditne sposobnosti organizacije.

Donose se odluke koliko je značajan rizik po organizaciju i da li bi trebalo da se prihvati ili tretira. Najbolje je prvo baviti se rizicima koji imaju najveću verovatnoću da se dese sa najvećim posledicama po organizaciju. Ali takođe su bitni i rizici sa malom verovatnoćom dešavanja i velikim posledicama, kao i oni sa velikom verovatnoćom dešavanja i malim posledicama, zato je veoma bitno da se dobro procene svi rizici.

Postoji unutrašnje i spoljašnje izveštavanje o riziku. Unutrašnje izveštavanje se odvija unutar različitih nivoa organizacije, gde je potrebno obavestiti upravni odbor, organizacione jedinice i pojedince o različitim podacima o rizicima, skladno njihovoj ulozi u organizaciji. Spoljašnje izveštavanje se odnosi na vlasnike akcije i pojedince koji imaju interes u organizaciji, neophodni su redovni javni izveštaji o politici upravljanja rizicima i njihovoj uspešnosti. Upravljanje rizicima u nefinansijskim oblastima (kao što su ljudska prava, zdravstvo i bezbednost, zaštite životne sredine, prakse zapošljavanja...) je postalo izuzetno bitno, zbog zahteva akcionara. Bilo koje otkrivene disfunkcionalnosti je potrebno prijaviti, zajedno sa planom za njihovo rešavanje.

Nakon identifikacije i procene rizika, sledi odabir tehnika i njihove primene na menjanja rizika. Regulisanje rizika može da uključuje izbegavanje rizika, preuzimanje ili povećavanje rizika da bi se iskoristila prilika, eliminacija izvora rizika, menjanje verovatnoće dešavanja, menjanje posledica, deljenje rizika sa drugim stranama i zadržavanje rizika. Nakon razmatranja raznih

faktora i informacija, kao što su veličina gubitka, verovatnoća dešavanja gubitka i sredstva koja će biti na raspolaganju da nadoknade gubitak ukoliko se dogodi, se donosi odluka o odabiru tehnike u skladu sa politikom upravljanja rizicima organizacije. Regulisanje rizika sa negativnim posledicama se zove i mitigacija rizika, eliminacija rizika, smanjenje rizika i prevencija rizika.

Organizacije i okruženje u kom posluju su u stalnim promenama, novi rizici se pojavljuju, stari nestaju ili se menjaju, neophodno je biti u toku, i prepoznati sve promene i shodno njima izvesti odgovarajuće promene u sistemima kontrole i regulisanja rizika. Moguće je da tehnike koje su odgovarale ranije, više neće moći da se primenjuju, isto tako greške se dešavaju, zato je bitno pregledati proces, nekad je na taj način moguće otkloniti grešku i pre nego što se dogodi. Pregledom čitavog procesa može se utvrditi da li su donete ispravne odluke i da li su dobro izvršene, mogu se i uočiti prilike za poboljšanjem. Nadgledanje služi da bi postojale kontrolne mere aktivnosti organizacije i da bi se procedure poštovale i razumele. Cilj kontrole je da proveriti da li sve ide po planu i da odredi da li su postavljeni standardi i ciljevi ostvareni, da li su procedure i prikupljene informacije bile odgovarajuće za izvođenje procesa i koliko bi korektivne promene imale uticaja na donošenje boljih odluka.

Iako se upravljanjem rizikom stalno nadgleda i kontroliše, neophodno je ponekad podvrgnuti reviziji sveobuhvatni proces upravljanja rizikom. Nadzor upravljanja rizikom je detaljan i sistematski pregled programa upravljanja rizikom, osmišljen da odredi da li ciljevi programa odgovaraju potrebama organizacije, da li su tehnike kojima se ti ciljevi postižu odgovarajuće i da li se pravilno koriste. Sprovode se interna i eksterna revizija, ali interna nikako ne može da zameni eksternu reviziju, iako je izuzetno korisna, ali nikad nije nepristrasna kao eksterna.

Upravljanje rizikom za cilj ima da organizacija neometano posluje bez materijalnih gubitaka, usled rizika koji se javljaju. Neophodno je da upravljanje rizikom bude prožeto kroz čitavu organizaciju i njeno poslovanje, da bude upoznato sa planovima, ciljevima i prioritetima organizacije. Potrebno je predviđati prilike i pretnje i uticati na njih, pre nego što se dogode, donositi što kvalitetnije odluke i bolje se pripremiti za neplanirane događaje da bi se ostvarili postavljeni ciljevi i povećala efikasnost i unapredilo korišćenje resursa i obezbedilo neprestano učenje, razvoj i unapređenje. Ignorisanje upravljanja rizikom pri donošenju odluka može imati veoma negativne posledice na poslovanje kompanije i usporava njen razvoj. Upravljanje rizikom pomaže organizaciji da radi dobro u okruženju punom nesigurnosti, usled rizika na ekonomskom planu i u smislu profesionalne reputacije, bezbednosnih i društvenih ishoda.

Literatura korišćena u ovom poglavlju je navedena pod brojevima 3, 4, 5, 9 i 10.

## 4. VAR

Stalna izloženost različitim vrstama finansijskih rizika je dovela do potrebe za jednostavnom merom rizika. Čelnik američke banke JP MORGAN je tražio da mu se svakog dana dostavi samo jedan broj koji će predstavljati celokupan rizik kojem je banka izložena, rezultat njegovog zahteva je VaR. Usled finansijskih kriza i krahova finansijskog tržišta, VaR postaje široko rasprostranjena mera tržišnog rizika, ali može da se primeni i na druge tipove rizika kao što su kreditni, operativni i likvidni. Iako je VaR relativno nova metoda, matematička podloga se zasniva na teoriji optimalnog portfolia, Harija Markovica (Harry Markowitz), da varijansa bude mera rizika. VaR je najbolja dostupna tehnika upravljanja rizikom.

### 4.1. Pojam, definicija i računanje VaR-a

VaR je jedna procena iznosa novca, koju finansijska institucija može da izgubi tokom određenog perioda, koja se koristi da bi se osigurali da će ostati u poslu i nakon katastrofalnog događaja. VaR je najgori mogući gubitak koji kompanija može da očekuje usled posedovanja portfolia ili sredstava u određenom periodu sa datim specifičnim nivoom poverenja, koji se bira unapred. Kako se zasniva na verovatnoći, ne možemo se osloniti na njega sa sigurnošću. Na primer, ako dnevni VaR iznosi 15 miliona sa nivoom poverenja 95%, to znači da tokom dana postoji samo 5% šansi da će gubitak biti veći od 15 miliona. VaR govori samo o potencijalnom gubitku, usled promena na finansijskom tržištu, tokom određenog perioda, to jeste kolike su šanse da bude premašen, ali ne govori koliki bi gubitak bio u tom slučaju. Tada se koristi testiranje ekstremnih događaja. Vrlo često je gubitak blizak iznosu VaR-a, ali često može i biti nekoliko puta veći (kada je diversifikovan portfolio izložen kreditnom riziku ili kada nastane portfolio za velike gubitke sa malom verovatnoćom, usled trgovine akcijama).

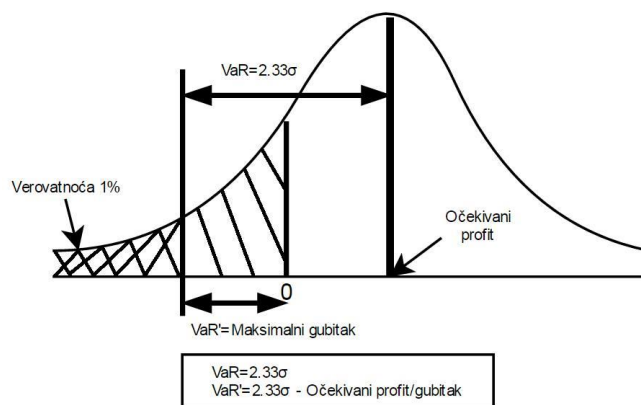
Definicija. Ako uzmemo da je  $c$  nivo poverenja i  $L$  gubitak, onda je VaR najmanji mogući gubitak, po apsolutnoj vrednosti, tako da važi  $P(L > VaR) \leq 1 - c$ . [10]

“VaR je statistička mera rizika potencijalnih gubitaka.” [10]

VaR-a se računa u 4 koraka: [11]

1. Određivanje vremenskog perioda tokom kog organizacija želi da proceni mogući gubitak. To može biti jedan dan, deset dana, mesec dana, najduži period koji se koristi je godinu dana.
2. Bira se nivo poverenja koji se primenjuje u proceni VaR-a. Uglavnom je između 95% i 99%, ali nekad čak i preko toga. Nivo poverenja 99% se uglavnom koristi zbog regulativnih zahteva, jer zainteresovane strane zanimaju potencijalni gubici usled katastrofalnih situacija.
3. Određivanje raspodela verovatnoće ishoda za portfolio ili sredstva koja razmatramo, postoji nekoliko metoda koje se mogu koristiti. Raspodela će biti iscrtana kriva koja često izgleda kao kriva normalne raspodele, i pokazaće koliko je verovatno da se gubitak dogodi.
4. Računanje procene VaR-a. Posmatranjem iznos gubitka koji je povezan sa oblašću ispod normalne krive pri kritičnom nivou poverenja.

Ako merimo VaR tokom jednog dana, sa nivoom poverenja 99%, koji odgovara VaR-u 2,33 standardne devijacije, i pretpostavimo da je raspodela normalna kriva u obliku zvona, pre nego da je iskrivljena ka težem ili lakšem gubitku. Ako bi se nivo poverenja povećavao, koliko bi se VaR povećao, zavisi od krive raspodele.



Slika 2. Definisane vrednosti pri riziku [6]

Na slici vidimo da je VaR razdaljina između prvog procenta i očekivanja raspodele, tj. VaR je razlika između očekivanog profita i najgoreg gubitka pri intervalu poverenja 99%, dok apsolutni VaR je  $VaR'$ , tj. najveći gubitak pri intervalu poverenja 99%. Ali samo VaR odgovara količini ekonomskog kapitala, koji se ostavlja sa strane ako se dogodi najgori mogući slučaj.

Primer.[10] Izračunati VaR portfolia u vrednosti od 100 miliona dolara, u periodu od 10 dana, sa nivoom poverenja 99%.

1. Odredi se portfolio (100 miliona dolara).
2. Odredi se varijabilnost faktora rizika (15% godišnje).
3. Odredi se vremenski period (10 dana).
4. Odredi se nivo poverenja ( $c = 99\%$ , što je 2,33 faktor, pod pretpostavkom da je normalna raspodela).
5. Određivanje najgoreg mogućeg gubitka, korišćenjem raspodela verovatnoća prihoda, koje se rezimiraju kao VaR.

$$100M * 15\% * \sqrt{\frac{10}{252}} * 2.33 = 7M$$

Pri računanju VaR-a tokom jednog dana potrebno je izvesti dnevnu raspodelu vrednosti portfolia, za desetodnevni VaR bi takođe bilo idealno računati desetodnevnu raspodelu, ali onda bi vremenske serije podataka koje se koriste za analizu morale da budu deset puta duže nego u jednodnevnom VaR-u. Zato mnoge institucije prave desetodnevni VaR aproksimacijom jednodnevnog, tako što ga pomnože korenom iz deset.[6]

Promena vrednosti portfolia nastaje usled raznih faktora koji utiču na cenu pojedinačnih sredstava. VaR je moguće računati na različitim nivoima poslovanja, ali takođe i na nivou cele kompanije. Ukoliko se povećava nivo značajnosti ili vremenski period, takođe će se VaR povećati. Što je duži vremenski period u pitanju, veće su šanse da se cene menjaju, samim tim je i VaR veći. Procena VaR-a tokom određenog perioda zavisi od realizacije uzorka i njegove veličine, što znači da različiti izbor vremenskog perioda daje različite vrednosti VaR-a.

Kako je VaR mera rizika koja može da meri rizik svih finansijskih sredstava, koristi se da bi se poredili rizici na različitim tržištima. Prema Bazelskom sporazumu to je jednodnevni vremenski period sa nivoom značajnosti 99%. Porede se rizici različitih jedinica ili se poredi jučerašnji VaR sa današnjim. Ako je VaR porastao u odnosu na prethodni dan, neophodno je saznati šta je uzrok tome, da li volatilitnost ili veći ulozi. U ovakvim slučajevima, nije toliko bitan izbor faktora, dok je postojanost održana.

VaR daje ideju koliki je najgori gubitak koji može da se desi pri određenom nivou značajnosti, vremenski period se određuje na osnovu portfolia. Tačnije određuje ga period likvidnosti portfolia, kod komercijalnih banaka promene se brzo dešavaju i oni koriste jednodnevni VaR, za razliku od investicionih fondova (kao što su penzioni) koji koriste jednomesečni VaR, jer sporo prilagođavaju svoju izloženost riziku. Možemo reći zapravo da je to vreme koje je potrebno da se hedžinguju tržišni rizici. Kada se računa VaR, on smatra da se portfolio ne

menja, samim tim ako se period produžava, VaR gubi na značajnosti, ali u potpunosti uzima u obzir diversifikaciju portfolia. Što je diversifikacija veća, rizik je manji, da bismo povećali diversifikaciju potrebno je da smanjimo korelaciju među sredstvima.

VaR se koristi takođe da se odredi kapital, koji služi da kompanija može da pokrije potencijalni gubitak i nastavi neometano da posluje ukoliko se gubitak dogodi. Nivo značajnosti se bira na osnovu averzije prema riziku i trošku gubitka ukoliko prekorači VaR. Što je averzija prema riziku veća ili što je trošak veći, zahteva se veća količina kapitala da pokrije mogući gubitak, što vodi ka većem nivou poverenja. Izbor vremenskog perioda bi trebalo da odgovara vremenu koje je potrebno za promene (kao što su smanjivanje rizika i povećanje kapitala).

VaR je mera rizika koja raspodele prinosa predstavlja preko samo jednog broja  $\rho(W)$ . Mera rizika koja zadovoljava sledeće osobine je koherenta.

- Homogenost.  $\rho(bW) = b\rho(W)$ . Povećanjem portfolia za  $b$ , rizik se povećava za  $b$ .
- Monotonost. Ako je  $W \leq Z$ , onda je  $\rho(W) \geq \rho(Z)$ , ako portfolio  $W$  ima niže prinose od portfolia  $Z$ , onda je njegov rizik veći.
- Translatorna invarijansa.  $\rho(W + k) = \rho(W) - k$ . Dodavanjem novca u portfolio njegov rizik se smanjuje za tu količinu novca.
- Subaditivnost.  $\rho(W + Z) \leq \rho(W) + \rho(Z)$ . Spajanje portfolia ne može da poveća rizik.

VaR zadovoljava prve tri, doduše kada su prinosi normalno raspodeljeni, standardna devijacija zadovoljava poslednju osobinu.[10]

## 4.2. Volatilnost i korelacija

VaR meri volatilnost kompanijinih sredstava, što je volatilnost veća, mogućnost gubitka je veća. Veliki VaR znači veliki potencijalni gubitak i da su promene neophodne. Korelacija između dve različite vrste sredstava u sveukupnom portfoliu je takođe bitna za VaR, jer ukoliko su jako pozitivno korelisane, takođe predstavlja viši rizik. Visok VaR označava visok rizik i da bi trebalo da dođe do nekih promena.

### 4.2.1. Volatilnost

Volatilnost nekog sredstva na tržištu na dan  $t$  je  $\sigma_t$ , koja je procenjena na kraju dana  $t - 1$ . Uobičajno je pretpostaviti da su prinosi od posedovanja sredstava normalno raspodeljeni, da

bi se procenila volatilitnost često se prinosi definišu u logaritamskoj formi  $\ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$ , gde je  $P_t$  sadašnja cena, a  $P_{t-1}$  prethodna cena. Ako pretpostavimo da ima normalnu raspodelu, onda osnovna cena ima log-normalnu raspodelu<sup>1</sup>, koja nikad nema negativne vrednosti, pa je pogodnija za cenu sredstava, jer u praksi se negativne cene ne dešavaju, dakle neće postojati verovatnoća da se jave negativne cene sredstava.[11]

Volatilitnost se definiše kao fluktuacija u osnovnoj ceni sredstva tokom određenog perioda. Fluktuacije nastaju usled promena cena. Kada su cene stabilne, volatilitnost je niska, i obrnuto. Što je volatilitnost veća, veća je šansa za gubitkom ili dobitkom. Neophodno je da sredstva koja imaju veliku volatilitnost budu dovoljno isplativa da bi ih kompanija zadržala uprkos riziku koji donose. Volatilitnost je metoda merenja trenutne cene sredstava u odnosu na raspodelu budućih cena sredstava. Poželjno je da se volatilitnost aproksimira kao normalna raspodela i to se postiže smanjivanjem interval promena cena na što je manje moguće, da bi se promena cena predstavila kao kriva normalne raspodele, koja se takođe može koristiti da se predvide buduće dnevne fluktuacije tokom određenog perioda. Raspodela budućih cena koristi volatilitnost izraženu kao jednu standardnu devijaciju promene cene na kraju jedne godine.

Istorijska ili statistička volatilitnost je fluktuacija stvarnih cena u određenom vremenskom periodu, zavisi od dužine perioda i kada se on dogodio. Može prikazati trend tokom dugačkih vremenskih perioda, koji mogu biti veoma promenljivi i značajni, samim tim ne može se reći da prošli trend ima uticaj na buduće performanse. Na primer, ako je istorijska volatilitnost visoka, znači da se cena sredstava dosta menjala, pa se pretpostavlja da će se dosta menjati i u budućnosti, ali to ne ukazuje na trend ili u kom pravcu bi se cena menjala. Zasnovano na prošlim promenama cena, samo se mogu pretpostaviti buduće.

Primenjena volatilitnost je procenjena volatilitnost cene sredstava, procenjuju se buduće fluktuacije cena sredstava na osnovu određenih faktora, kao što su potražnja i ponuda. Kada je velika potražnja za određenim sredstvom, cene rastu, samim tim i primenjena volatilitnost, što dovodi do rasta cene opcije i obrnuto. Takođe je bitno vreme do isteka opcije, kratkoročne opcije imaju malu primenjenu volatilitnost, dok dugoročne imaju visoku. Dakle, koristi se pri odlučivanju cena opcija. Predviđa buduću cenu opcije, uzimajući u obzir sadašnju vrednost opcije, za razliku od istorijske volatilitnosti. Visoka volatilitnost označava veliku promenu, da će

---

<sup>1</sup> Slučajna veličina  $X$  ima normalnu raspodelu,  $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ , ako je slučajna veličina  $Y = e^X$ , onda  $Y$  ima log-normalnu raspodelu sa parametrima  $\mu$  i  $\sigma^2$ .  $E(Y) = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$ .  $D(Y) = e^{2\mu + \sigma^2}(e^{\sigma^2} - 1)$ . [7]

cena sredstva ili dosta porasti ili dosta opasti, dok pri niskoj volatilnosti se ne očekuju značajne promene. Koriste se modeli za nalaženje cene opcija, kao što je binomni ili Blek-Šolov model (Black-Scholes). Primenjena volatilnost opcije je vrednost volatilnosti sredstva na koju se ta opcija odnosi, koji kad prođe kroz model za nalaženje cene opcija vrati teoretsku vrednost jednaku tržišnoj vrednosti opcije. Može se koristiti i na sredstvima koja nemaju mogućnost opcije. Buduća volatilnost je predviđena fluktuacija cena tokom određenog vremenskog perioda dok opcija ne istekne.

Navodimo nekoliko načina za merenje volatilnosti, prve tri metode prepostavljaju da je volatilnost konstantna u vremenu, iako znamo da se volatilnost i korelacija stalno menjaju, dok druga dva prepostavljaju postojanje korelacije u nizu, što znači da pre koriste novije podatke, nego starije, jer će tako dobiti više informacija:[8]

- Metoda standardne devijacije meri disperziju  $\sigma$ , tj. odstupanje promena cena od srednje vrednosti, uglavnom se koristi pri normalnoj raspodeli. Imamo da je  $X = X(x_1, x_2, \dots, x_n)$  niz promena cena,  $\mu$  je srednja vrednost niza,  $n$  je broj opservacija u nizu, standardna devijacija je  $\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}$ .
- Metoda prostog pokretnog preseka je ista kao prethodna, osim što je  $\mu = 0$ .
- Istorijska simulacija ili procentualni metod je najjednostavniji, jer ne uzima u obzir raspodelu niza, već se opservacije sortiraju, zatim se podele u procentima. Za volatilnost se bira ona promena cena koja odgovara traženom nivou poverenja.
- BRW-Modeli simulacije ponderisani vremenom je generalizovan metod istorijske simulacije, gde podaci iz bliske prošlosti bolje predstavljaju budući rizik, nego stariji prošli podaci, pa se njima dodeljuju veći ponderi koji vremenom eksponencijalno opadaju kako idu ka sve starijim podacima. Ako je  $x_i$  ponder u trenutku  $i$ ,  $0 < \lambda < 1$  je faktor opadanja, onda imamo  $x_{t-i-1} = \lambda x_{i-1}$ , pri čemu važi  $\sum_{i=1}^N x_{t-i} = 1$ . Kada je  $\lambda = 1$ , onda je to istorijska simulacija. Kako BWR model pridaje veću značajnost novijim opservacijama, pa bolje reaguje na nagle promene tržišta od istorijske simulacije, koja pridaje jednaku važnost svim opservacijama.
- Modeli EWMA i GARCH. Kako se i BRW modeli i istorijska simulacije bave samo negativnim prinosima, samo levim repom raspodele, zanemaruju pozitivne prinose, tj. desni rep raspodele, pa u slučaju povećanih pozitivnih prinosa, ne povećavaju volatilnost, a veća volatilnost, bilo da je pozitivna ili negativna, znači veći rizik. Više o ovim metodama se može pročitati u [8].



### 4.2.2. Korelacija

Korelacija je mera koliko se cena jednog sredstva menja u odnosu na cenu drugog sredstva. Korelacija između dva sredstva ili vrste sredstava je veoma bitna mera rizika, jer označava stepen diversifikacije portfolia. Veoma je bitno posmatrati promenu cena sredstava u isto vreme. Ukoliko je korelacija slaba ili negativna, VaR će biti mali, a ukoliko je jaka i pozitivna biće veliki. Najjednostavnija i najuobičajnija mera korelacija je koeficijent korelacije. Koeficijent korelacije za dva sredstva je  $\rho_{i,j} = \frac{cov_{i,j}}{\sigma_i \sigma_j}$ , gde su  $\sigma_i, \sigma_j$  volatilnosti tih sredstava. Kovarijansa je  $cov_{i,j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ((X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}))$ , gde su  $X_i, Y_i$  promene cene sredstava,  $\bar{X}, \bar{Y}$  su njihove očekivane vrednosti. Za koeficijent korelacije važi  $-1 \leq \rho \leq 1$ , ovim se pretpostavlja linearna zavisnost sredstava, a ukoliko je koeficijent korelacija nula, ne postoji linearna zavisnost. Postoji i mogućnost izračunavanja korelacije preko pokretnih proseka ili mere eksponencijalnih pondera  $cov_{i,j} = \sqrt{(1 - \lambda) \sum_{i=1}^n \lambda^i X_t Y_t}$ , gde su  $X_t, Y_t$  procentualne promene cena na dan  $t$  za sredstva, srednje vrednosti raspodela sredstava su nula. Korelacija se vrlo često ne računa među svim sredstvima, zbog potencijalno ogromnog broja veza, već se koristi hijerarhiska korelacija, iako se na taj način deo podataka gubi.[8]

### 4.3. Metode VaR-a

Svaka mogućnost dobitka ili gubitka usled posedovanja portfolia ili finansijskog sredstva zavise od odluka koje donose vlasnik portfolia ili broker, ali isto tako i od faktora rizika, tj. svih promena koje se dešavaju na tržištu, na koje oni nikako ne mogu da utiču.

Ukoliko imamo fiksnu poziciju finansijskog sredstva, za koje su nam date istorijske cene  $P_t$  za neki period  $t = 1, \dots, T$  i cilj nam je da generišemo kvantitativnu meru krajnjeg rizika tokom određenog perioda. Prvo je neophodno da se serije cena transformišu u promenljive koje su istinski slučajne i čija je raspodela, u idealnom slučaju, stacionarna. Kako na promenu cenu sredstva može da utiče jedan ili više faktora, potrebno je da se faktori rizika odrede, da bi slučajne promenljive mogle da se modeliraju, procenom parametara i odgovarajuće raspodele.

Postoje neparametarski i parametarski VaR, pri neparametarskom VaR-u ne pravi se pretpostavka o obliku raspodele prinosa. Ako definišemo  $W_0$  kao početna ulaganja, a  $R$  kao stopu prinosa, za koju su  $\mu$  i  $\sigma$  očekivani prinos i volatilnost. Vrednost portfolia, ukoliko je pozicija fiksna ili nije bilo trgovanja, na kraju određenog vremenskog razdoblja će biti  $W = W_0(1 + R)$ . Najmanja vrednost portfolia sa nivoom poverenja  $c$  je  $W^* = W_0(1 + R^*)$ . Kako

VaR meri najgori mogući gubitak pri određenom nivou značajnosti, mora da bude pozitivan broj. VaR koji se odnosi na očekivani gubitak tokom određenog vremenskog perioda je relativan VaR, koji se računa na sledeći način  $VaR_m = E(W) - W^* = -W_0(R^* - \mu)$ , postoji i apsolutni VaR i iznosi  $VaR_0 = W_0 - W^* = -W_0R^*$ . Za kratak vremenski period, relativni i apsolutni VaR će biti približni, ali relativni VaR je prikladniji, jer se kod njega računa odstupanje od očekivane vrednosti. Najopštiji metod je da se izvede VaR iz raspodele verovatnoće buduće raspodele portfolia  $f(w)$ . Određuje se najgori mogući gubitak  $W^*$  pri nivou značajnosti  $c$ , dakle da je verovatnoća da prekoračimo tu vrednost jednaka  $c$ , dakle  $c = \int_{W^*}^{\infty} f(w)dw$ . Ili da je verovatnoća,  $p = P(w \leq W^*)$ , da se dostigne vrednost manja od  $W^*$  jednaka  $1 - c$ , dakle  $1 - c = \int_{-\infty}^{W^*} f(w)dw = P(w \leq W^*) = p$ , gde  $W^*$  predstavlja kvantil raspodele. Ovaj postupak može da se koristi za bilo koju raspodelu, ako pretpostavimo da su prihodi identični i jednako raspodeljeni. Dok pri parametarskom pretpostavljamo raspodelu, uglavnom normalnu raspodelu. U ovom slučaju VaR se može izvesti iz standardne devijacije portfolia koristeći multipikativni koeficijent koji zavisi od nivoa poverenja. Ovom metodom se dobija tačniji VaR. Prvi je potrebno da se opšta raspodela  $f(w)$  transformiše u normalnu standardizovanu raspodelu  $\Phi(\epsilon)$ , za koju je očekivanje nula i standardna devijacija jedan. Kako je  $R^*$  odsecanje prinosa negativno, pa ga možemo zapisati kao  $-|R^*|$ , povezujemo ga sa standardnim normalnim odstupanjem  $\alpha > 0$ ,  $-\alpha = \frac{-R^* - \mu}{\sigma}$  što je ekvivalentno sa  $1 - c = \int_{-\infty}^{W^*} f(w)dw = \int_{-\infty}^{-|R^*|} f(r)dr = \int_{-\infty}^{-\alpha} \Phi(\epsilon)d\epsilon$ . Zapravo pronalaženje VaR-a je ekvivalentno pronalaženju odstupanja  $\alpha$ , za šta koristimo standardne tablice standardne normalne raspodele. Pretpostavimo da prihodi nisu korelisani u određenom vremenskom periodu  $\Delta t$ , da su  $\mu$  i  $\sigma$  dati na godišnjem nivou, neophodno je odrediti nivo poverenja, a i jasno je da je  $R^* = -\alpha\sigma + \mu$ . Var možemo dobiti  $VaR_m = -W_0(R^* - \mu) = W_0\alpha\sigma\sqrt{\Delta t}$ , dakle VaR je samo proizvod standardne devijacije i faktora koji direktno zavisi od nivoa poverenja i vremenskog perioda. Ovaj metod se može generalizovati na druge raspodele, ukoliko je nesigurnost sadržana samo u  $\sigma$ . Svakako multiplikativni faktor  $\alpha$  će biti drugačiji za svaku raspodelu.

Postoje tri glavne metode koje koristimo pri računanju VaR-a:

- Analitička
- Istorijska simulacija
- Monte Karlo simulacija

Sva tri pristupa imaju problem izbora vremenskog perioda, kako je potreban što duži period, zarad bolje informisanosti, a kako se predviđa buduća raspodela prinosa, njoj odgovaraju što noviji podaci, pa je potrebno naći što je moguće bolje rešenje da oba zahteva budu zadovoljena.[10]

#### 4.3.1. Analitička metoda

Analitička metoda (parametarska, korelaciona, linearna, metod varijanse i kovarijanse) pretpostavlja da raspodela prinosa odgovara nekoj teorijskoj raspodeli, uglavnom normalnoj, zbog jednostavnosti, jer je u potpunosti određena sa svoja prva dva momenta. Metod obuhvata i ocenu parametara, ne svodi se samo na posmatranje kvantila empirijske raspodele, pa je zato i dobila ime parametarska.

Slučajna veličina  $X$  sa gustinom raspodele  $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$ ,  $-\infty < x < \infty$ , ima normalnu (Gausovu) gustinu raspodele sa parametrima  $\mu$  i  $\sigma^2$  u oznaci  $X: N(\mu, \sigma^2)$ . Odgovarajuća funkcija raspodele je:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt$$

Normalna raspodela je dvoparametarska raspodela, parametar  $\mu$  može biti bilo koji realan broj dok je drugi parametar strogo pozitivan.

Specijalan slučaj normalne raspodele je standardizovana normalna raspodela. To je normalna slučajna veličina sa parametrima  $\mu = 0$  i  $\sigma = 1$ . Ako je  $X: N(\mu, \sigma^2)$ , tada je  $\frac{X-\mu}{\sigma}: N(0,1)$ , odnosno ako je  $X: N(0,1)$  tada  $Z = \sigma X + \mu: N(\mu, \sigma^2)$ . Jasno je da je  $Z$  linearna transformacija od  $X$ , i može imati i pozitivne i negativne vrednosti. Tri sigma pravilo meri apsolutno odstupanje slučajne veličine od njene srednje vrednosti, ako je  $X: N(\mu, \sigma^2)$ , tada je

- $P\{|x - \mu| < \sigma\} \approx 0.6827$
- $P\{|x - \mu| < 2 \sigma\} \approx 0.9545$
- $P\{|x - \mu| < 3 \sigma\} \approx 0.9973$

Usled pretpostavke o normalnosti, volatilitnost ćemo opisivati standardnom devijacijom, pa na osnovu tri sigma pravila, sledi da pozitivne ili negativne promene cena neće premašiti volatilitnost za dati nivo poverenja. Pošto se VaR bavi samo gubitkom, a ne i profitom, nivo poverenja će biti jednostran. Za 1,65-struku standardnu devijaciju imamo nivo poverenja od

90%, pošto posmatramo samo gubitak, tj. jednu stranu intervala, zapravo daje nivo poverenja od 95% da gubitak neće nadmašiti volatilitnost. Računanje iznosa mogućeg gubitka tokom jednog dana za jedno sredstvo  $A$ , bi bilo jednako volatilitnosti tog sredstva  $\sigma_1 = 0,45\%$  pomnoženo sa njegovim trenutnim ulogom u sredstvu  $\alpha = 50000\$,$  tj.  $VaR = \sigma_1 * \alpha = 0,0045 * 50000 = 225,$  tj. ukupno možemo da izgubimo tokom jednog dana 225 dolara. Ukoliko želimo VaR sa nivoom intervala od 95% , tada bi  $VaR = \sigma_1 * \alpha * 1,65 = 371,25,$  dakle 95% je nivo poverenja da VaR neće premašiti sumu od 371.25 dolara tokom jednog dana. Tako da period tokom kog se računa VaR je bitan, jer sa porastom perioda volatilitnost raste približno proporcionalno kvadratnom korenu izabranog perioda. Zato mnogo finansijske institucije računaju jednodnevni VaR, pa ga aproksimiraju množeći ga kvadratnim korenom iz dužine odabranog perioda. Na primer ako imamo jednodnevnu volatilitnost  $\sigma_1 = 0,45\%,$  onda će godišnja volatilitnost iznositi  $\sigma_g = \sigma_1 * \sqrt{250} = 0,45\% * 15,811 = 7,11495\%,$  jer u obzir ulaze samo radni dani. Diversifikacijom se smanjuje izloženost portfolia riziku, ulaganjem u različita sredstva. Korelacije odražavaju povezanost prinosa tih sredstava, kako se korelacije smanjuju, efekat diversifikacije raste. Potencijalni efekat svakog sredstva portfolia, utiče na ukupnu vrednost portfolia. Zato se za svaki faktor rizika računa volatilitnost po posmatranom istorijskom periodu, koji nam omogućava i da izračunamo korelaciju između faktora rizika. Portfolio je zbir svih sredstava u koje je uloženo, pa možemo da računamo volatilitnost portfolia  $\sigma$  na sledeći način  $\sigma = \sqrt{\alpha^2 \sigma_\alpha^2 + \beta^2 \sigma_\beta^2 + 2\alpha\beta\sigma_\alpha\sigma_\beta\rho_{\alpha\beta}}$  , gde su  $\sigma_\alpha$  i  $\sigma_\beta$  volatilitnosti sredstava  $A$  i  $B$ ,  $\alpha$  i  $\beta$  su srazmere sredstava  $A$  i  $B$  u portfoliu, a  $\rho_{\alpha\beta}$  je korelacija između sredstava  $A$  i  $B$ . Ukoliko su sredstva nezavisna, tj. korelacija je nula, treći član će biti nula. Zatim se računa VaR kao proizvod ukupne vrednosti portfolia, izračunate volatilitnosti portfolia i odgovarajućeg standardnog odstupanja za dati nivo poverenja. U slučajevima kada portfolio sadrži više sredstava koristi se matrični metod, pa je VaR portfolio  $VaR = \sqrt{V C V^T}$  , gde je  $V$  vektor vrste VaR-a za svako sredstvo u portfoliu, a  $C$  je korelaciona matrica sredstava iz portfolia.[8]

Primer: Pretpostavimo da portfolio sadrži samo dva sredstva i da je podjednako uloženo i u zlato i u naftu, uloženo je ukupno 10 miliona evra. Volatilitnost zlata je 2%, dok je volatilitnost nafte 3%, međusobna korelacija između sredstava je 30%. Potrebno je odrediti jednodnevni VaR pri nivou poverenja 95%.

$$\sigma_\alpha = 2\%, \sigma_\beta = 3\%, \alpha = 50\%, \beta = 50\%, \rho_{\alpha\beta} = 30\%$$

$$\sigma = \sqrt{\alpha^2 \sigma_\alpha^2 + \beta^2 \sigma_\beta^2 + 2\alpha\beta \sigma_\alpha \sigma_\beta \rho_{\alpha\beta}}$$

$$= \sqrt{0,5^2 0,02^2 + 0,5^2 0,03^2 + 2 * 0,5 * 0,5 * 0,02 * 0,03 * 0,3} = 0,0192$$

Jednodnevni VaR pri intervalu poverenja od 95% iznosi  $VaR = 10000000 * 1,65 * 0,0192 = 317,384$ .

Kako posmatra samo prva dva momenta, postoji mogućnost da potceni rizik pri visokim verovatnoćama, pa je potrebno posmatrati i momente višeg reda. Takođe, kako normalna raspodela nije ograničena maksimalnim mogućim gubitkom, vrednost VaR-a može da bude precenjena. Raspodela prinosa finansijskih sredstava uglavnom odgovaraju normalnoj raspodeli sa debelim repovima, kod kojih postoji veća mogućnost ekstremnih promena u cenama, nego kod normalne raspodele, pa je tada uz VaR neophodno i testiranje ekstremnih događaja, da bi se izbeglo potcenjivanje vrednosti VaR-a. Čak, i ako pojedinačni faktori rizika nemaju normalnu raspodelu, svakako će raspodela prinosa diversifikovanog portfolia imati normalnu raspodelu, ako su faktori rizika nezavisni, na osnovu centralne granične teoreme<sup>2</sup>, oni će konvergirati ka normalnoj raspodeli. Postoje generalizacije koje dozvoljavaju i slabe međuzavisnosti.

Analitička metoda je jednostavna i izračunavanja se vrše veoma brzo, podaci su lako dostupni. Tako da je moguće da se koristi u realnom vremenu, ali se previše oslanja na normalnu raspodelu, iako podaci više odgovaraju raspodeli sa debelim repovima. Nije odgovarajući metod za nelinearne instrumente, kao što su opcije i hipoteke, može da meri samo linearan rizik. Pretpostavlja stabilnu korelaciju, što nije uvek prikladno, jer se koeficijenti korelacije menjaju, pogotovo u kriznim situacijama na tržištu i tada je analitička metoda pogrešan izbor.

#### 4.3.2. Istorijska metoda

Istorijska metoda je glavni predstavnik neparametarske metode, a ujedno je i najjednostavnija za razumevanje i korišćenje. U istorijskoj metodi se ne koriste pretpostavke o teorijskim raspodelama, već se na osnovu stvarnih istorijskih podataka računaju empirijske raspodele, što

---

<sup>2</sup> Centralna granična teorema: Niz slučajnih promenljivih  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , pripadaju istom prostoru verovatnoće, nezavisne su i jednako raspodeljene sa matematičkim očekivanjem  $\mu$  i konačnom standardnom devijacijom  $\sigma$ .  $S_n = X_1 + X_2 + \dots + X_n$  predstavlja n-tu parcijalnu sumu, čije je očekivanje  $n\mu$ , a standardna devijacija  $n\sigma$ . Onda za standardizovanu slučajnu promenljivu  $Z_n = \frac{S_n - n\mu}{\sigma\sqrt{n}}$  važi da teži ka normalnoj raspodeli  $N(0,1)$ , kada  $n \rightarrow \infty$ . Ako je  $\Phi(z)$  kumulativna raspodela verovatnoće  $N(0,1)$ , tada za svako realno  $z$  važi  $\Phi(z) = \lim_{n \rightarrow \infty} P(Z_n \leq z)$ .

znači da su retki događaji i krahozi tržišta takođe uključeni. Pristup se zasniva na pretpostavci da će bliska budućnost biti slična nedavnoj prošlosti, pa tu pretpostavku, koja je i glavna zamerka istorijske metode, koristimo da prognoziramo blisku budućnost.

Prvo prikupljamo podatke tokom određenog vremenskog perioda, zatim uočavamo promene u njihovim vrednostima i računamo dnevne prinose, zatim ih sortiramo i crtamo histogram portfolia i iz njega određujemo vrednost VaR-a. Koristimo istorijske podatke na sadašnjim pozicijama, tačnije ponovo procenjujemo portfolio na osnovu istorijskih podataka, računamo vrednosti portfolia na dnevnom nivou i onda ih pretvaramo u procentualne vrednosti i na osnovu datog nivoa poverenja očitavamo vrednost VaR-a. Ukoliko bi imali jednodnevni VaR, tokom vremenskog perioda od 100 dana sa nivoom poverenja 99%, vrednost VaR-a bi bila devedesetdeveta procentualna promena u vrednostima portfolia. Metoda se zasniva na korišćenju procentualnih prinosa na trenutni portfolio, prateći sledeće korake:

- Izabrati uzorak dnevnih promena faktora rizika tokom određenog vremenskog perioda, koristeći isti period za sve faktore rizika.
- Primeniti te dnevne promene faktora rizika na sadašnje vrednosti faktora rizika, ponovo procenjujući portfolio za svaki dan iz uzorka.
- Sortiramo procentualne promene vrednosti portfolia.
- Konstruišemo histogram, vrednost VaR-a je procentualna vrednost portfolia pri određenom nivou poverenja.

Standardni metod istorijske simulacije za dobijanje raspodele prinosa portfolia sa zasniva na vraćanju u prošlost, za neki određen broj dana  $T$ . Pod pretpostavkom da portfolio koji ima  $N$  sredstava, za svako sredstvo  $i$ , prinosi se simuliraju u periodu  $t$ , formulom  $R_t = \sum_{i=1}^N w_t R_{i,t}$ , gde je  $w_t$  udeo novca trenutno uložen u sredstvo  $i$ , a  $R_{i,t}$  prinos na sredstvo  $i$  tokom perioda  $t$ . Na ovaj način se dobija serija simuliranih prinosa za trenutni portfolio.

Glavna prednost istorijske metode je što je neparametarska, ne mora da pretpostavlja raspodele faktora rizika, da su normalno i jednako raspodeljeni. Ukoliko raspodela ima zadebljane repove ili je na primer asimetrična, to neće predstavljati problem za istorijsku metodu, kao što je to kod slučaj kod parametarske. Prednost istorijske metode je što se volatilnost i korelisanost odražavaju u samim podacima, pa nema potrebe da ih računamo. Takođe postoji mogućnost računanja nivoa poverenja za VaR, tj. u kom intervalu je najveća verovatnoća da bude VaR, ako ponavljamo simulaciju više puta. Problem se javlja ukoliko ne postoje podaci za određeno

sredstvo ili se tek pojavilo na tržištu. Takođe se javlja problem ukoliko se računa na primer nedeljni, desetodnevni ili mesečni VaR, potrebno je računati odgovarajuće prinose, što znači da se broj opservacija smanjuje, ukoliko smo ih imali 500, sada ćemo za desetodnevni VaR imati samo 50. Istorijska metoda nema mogućnost da prilagodi period, kao što to ima parametarska metoda. Nedostatak istorijske metode je što u potpunosti zavisi od serije istorijskih podataka. Sporo reaguje na nagle i velike promene na tržištu. Takođe ako izabrani period obuhvata ekstremne gubitke, koji nisu verovatni da se ponove, bespotrebno povećavaju vrednost VaR-a, dok nakon nekog vremena više ne ulaze u izabrani period. Takođe VaR nikad neće iznositi više nego najveći gubitak iz izabranog perioda. Zato je sam izbor dužine perioda najveći problem istorijske metode. Predugačak period može sadržati previše podataka koji će uvećavati VaR. Ukoliko se koristi kratak period, moguće je da se ne iskoristi bitan podatak, koji može da ukaže na mogućnost gubitka. Zato se vrlo često koristi Monte Karlo simulacija koja može da generiše veliki broj mogućih scenarija, pa postoji i mnogo veća mogućnost da će scenario, u kome se dešava gubitak, biti uključen u raspodelu promena vrednosti portfolia.

Primer: Pretpostavimo da se portfolio sastoji od tri sredstva: kompanija General Electric (GE) [12] u koju je uloženo 1000 dolara, holding kompanija Smith&Wesson (SWHC) [13] u koju je uloženo takođe 1000 dolara i građevinska organizacija NCI (NCS) [14] u koju je uloženo 2000 dolara. Svi podaci su preuzeti sa yahoo finance sajta.

Period iz kog su uzeti podaci je dužine jedne godine i jednog dana, od 1.9.2015. godine do 1.9.2016. godine. Potrebno je odrediti jednodnevni VaR za dati portfolio sa nivoom poverenja 95% i 99% parametarskom metodom, a zatim istorijskom metodom.

Na osnovu datih podataka o ceni sredstava na kraju svakog dana za svaku kompaniju u Excel-u računamo dnevne prinose kao razliku logaritama trenutne i prethodne cene, zatim se svi prinosi pretvaraju u procentualne vrednosti.

Kod parametarskog metoda računamo dnevni očekivani prinos i dnevnu standardnu devijaciju prinosa i međusobnu korelaciju svih sredstava (odgovarajuće funkcije u Excel-u su *average*, *stdev.p*, *correl*). Zatim se formira matrica varijanse  $V$  i matrica korelacije  $C$ , koje se matrično množe  $VC$  (odgovarajuća funkcija u Excel-u je *mmult*), zatim se dobijena matrica opet množi matricom varijanse  $VCV$ . Da bi dobili varijansu portfolia, varijansno-kovarijansna matrica  $VCV$  se množi odgovarajućim težinama sredstava u portfoliu, tj. u GE je uloženo 25% ukupne količine novca, kao i u SWCH, dok je u NCS uloženo 50%. Onda se računa koren dobijenog broja, i tako se dobija standardna devijacija. Da bismo dobili VaR množimo standardnu

devijaciju portfolia, ukupnu količinu novca uloženu u portfolio i standardnim odstupanjem za odgovarajući nivo poverenja. Dobijeni VaR za 95% nivo poverenja je 121,22 dolara, dok je za 99% 171,44 dolara.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
2	GE		SWCH		NCS				GE	SWCH	NCS	Ukupna količina novca uložena u portfolio					
3	Date		prinosi		prinosi		prinosi		\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 2.000,00	\$ 4.000,00					
4	1.9.2016	31,2	-0,128%	29,58	4,955%	15,18	0,264%		0,25	0,25	0,5						
5	31.8.2016	31,24	-0,415%	28,15	-4,955%	15,14	-16,242%		Dnevni očekivani prinosi			Matrica varijanse					
6	30.8.2016	31,37	0,032%	29,58	0,508%	17,81	1,756%		0,106%	0,188%	0,165%	V 1% 0 0					
7	29.8.2016	31,36	0,415%	29,43	2,025%	17,5	1,845%		Dnevna standardna devijacija			0 3% 0					
8	26.8.2016	31,23	0,064%	28,84	-3,375%	17,18	-0,174%		1%	3%	3%	0 0 3%					
9	25.8.2016	31,21	-0,032%	29,83	1,964%	17,21	0,233%		Matrica korelacije								
10	24.8.2016	31,22	-0,032%	29,25	1,481%	17,17	-1,618%		Korelacija			C 1 0,235402 0,345338					
11	23.8.2016	31,23	-0,288%	28,82	0,766%	17,45	0,575%		GE i SWCH 0,23540214			0,235402 1 0,167673					
12	22.8.2016	31,32	0,224%	28,6	0,245%	17,35	1,979%		GE i NCS 0,34533829			0,345338 0,167673 1					
13	19.8.2016	31,25	-0,574%	28,53	-0,977%	17,01	0,059%		SWCH i NCS 0,16767331								
14	18.8.2016	31,43	0,446%	28,81	0,977%	17	0,708%		VC								
15	17.8.2016	31,29	0,320%	28,53	-1,046%	16,88	-0,650%										
16	16.8.2016	31,19	-0,160%	28,83	-2,060%	16,99	-1,981%										
17	15.8.2016	31,24	0,000%	29,43	-0,846%	17,33	0,753%										
18	12.8.2016	31,24	-0,160%	29,68	-0,672%	17,2	-1,214%										
19	11.8.2016	31,29	0,064%	29,88	0,000%	17,41	1,272%		VCV								
20	10.8.2016	31,27	-0,096%	29,88	0,537%	17,19	-2,811%										
21	9.8.2016	31,3	0,096%	29,72	0,607%	17,68	1,138%										
22	8.8.2016	31,27	-0,032%	29,54	-0,607%	17,48	2,023%										
23	5.8.2016	31,28	0,352%	29,72	0,472%	17,13	2,662%										
24	4.8.2016	31,17	0,128%	29,58	-0,506%	16,68	-0,120%		W			WVCV					
25	3.8.2016	31,13	0,257%	29,73	-0,235%	16,7	1,691%		0,25	0,25	0,5	0,000119 0,000288 0,000475					
26	2.8.2016	31,05	-0,322%	29,8	-1,862%	16,42	1,658%		Vrijansa portfolia								
27	1.8.2016	31,15	0,032%	30,36	3,043%	16,15	-0,432%		W'			WVCVW' 0,000339					
28	29.7.2016	31,14	-0,353%	29,45	-0,102%	16,22	-6,099%		0,25								
29	28.7.2016	31,25	-0,096%	29,48	-1,180%	17,24	0,815%		0,5			Standardna devijacija portfolia					
30	27.7.2016	31,28	-0,606%	29,83	0,134%	17,1	-0,234%										
31	26.7.2016	31,47	-0,539%	29,79	1,420%	17,14	1,056%										
32	25.7.2016	31,64	-1,319%	29,37	2,482%	16,96	3,114%		Var pri 95% intervalu poverenja			\$ 121,22					
33	22.7.2016	32,06	-1,640%	28,65	0,630%	16,44	1,039%		1,64485363								
34	21.7.2016	32,59	-0,581%	28,47	-0,909%	16,27	0,123%										
35	20.7.2016	32,78	-0,457%	28,73	-0,104%	16,25	-3,448%		Var pri 99% intervalu poverenja			\$ 171,44					
36	19.7.2016	32,93	0,061%	28,76	-0,070%	16,82	-1,709%		2,32634787								
37	18.7.2016	32,91	0,091%	28,78	1,505%	17,11	-0,350%										

Slika 4. Primer parametarske metode u Excel-u

Kod istorijskih metoda procentualne prinose množimo sa količinom novca koja je uložena u svaku kompaniju i onda se za svaki dan sabiraju vrednosti portfolia za sve tri kompanije. Nakon toga se pomoću funkcije *Perecentile* iz Excel-a računa prvo VaR pri intervalu poverenja 95%, a zatim 99%. Kako je VaR najveći mogući gubitak pri zadatom nivou poverenja nemoguće je da bude negativna vrednost, pa uvek uzimamo apsolutnu vrednost. VaR za 95% nivo poverenja iznosi 104,9122 dolara, dok za 99% iznosi 192,4536 dolara.



P3		=ABS(PERCENTILE(M4:M256;5%))																	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P			
1																			
2		GE		SWCH		NCS			GE	SWCH	NCS								
3	Date		prinosi		prinosi		prinosi		\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 2.000,00		Portfolio		VaR 95%	104,9122			
4	1.9.2016	31,2	-0,128%	29,58	4,955%	15,18	0,264%		\$ (1,28)	\$ 49,55	\$ 5,28		\$ 53,55						
5	31.8.2016	31,24	-0,415%	28,15	-4,955%	15,14	-16,242%		\$ (4,15)	\$ (49,55)	\$ (324,84)		\$ (378,54)		VaR 99%	192,4536			
6	30.8.2016	31,37	0,032%	29,58	0,508%	17,81	1,756%		\$ 0,32	\$ 5,08	\$ 35,12		\$ 40,52						
7	29.8.2016	31,36	0,415%	29,43	2,025%	17,5	1,845%		\$ 4,15	\$ 20,25	\$ 36,91		\$ 61,32						
8	26.8.2016	31,23	0,064%	28,84	-3,375%	17,18	-0,174%		\$ 0,64	\$ (33,75)	\$ (3,49)		\$ (36,60)						
9	25.8.2016	31,21	-0,032%	29,83	1,964%	17,21	0,233%		\$ (0,32)	\$ 19,64	\$ 4,65		\$ 23,97						
10	24.8.2016	31,22	-0,032%	29,25	1,481%	17,17	-1,618%		\$ (0,32)	\$ 14,81	\$ (32,35)		\$ (17,86)						
11	23.8.2016	31,23	-0,288%	28,82	0,766%	17,45	0,575%		\$ (2,88)	\$ 7,66	\$ 11,49		\$ 16,28						
12	22.8.2016	31,32	0,224%	28,6	0,245%	17,35	1,979%		\$ 2,24	\$ 2,45	\$ 39,58		\$ 44,27						
13	19.8.2016	31,25	-0,574%	28,53	-0,977%	17,01	0,059%		\$ (5,74)	\$ (9,77)	\$ 1,18		\$ (14,33)						
14	18.8.2016	31,43	0,446%	28,81	0,977%	17	0,708%		\$ 4,46	\$ 9,77	\$ 14,17		\$ 28,40						
15	17.8.2016	31,29	0,320%	28,53	-1,046%	16,88	-0,650%		\$ 3,20	\$ (10,46)	\$ (12,99)		\$ (20,25)						
16	16.8.2016	31,19	-0,160%	28,83	-2,060%	16,99	-1,981%		\$ (1,60)	\$ (20,60)	\$ (39,63)		\$ (61,83)						
17	15.8.2016	31,24	0,000%	29,43	-0,846%	17,33	0,753%		\$ -	\$ (8,46)	\$ 15,06		\$ 6,60						
18	12.8.2016	31,24	-0,160%	29,68	-0,672%	17,2	-1,214%		\$ (1,60)	\$ (6,72)	\$ (24,27)		\$ (32,59)						
19	11.8.2016	31,29	0,064%	29,88	0,000%	17,41	1,272%		\$ 0,64	\$ -	\$ 25,43		\$ 26,07						
20	10.8.2016	31,27	-0,096%	29,88	0,537%	17,19	-2,811%		\$ (0,96)	\$ 5,37	\$ (56,21)		\$ (51,80)						
21	9.8.2016	31,3	0,096%	29,72	0,607%	17,68	1,138%		\$ 0,96	\$ 6,07	\$ 22,75		\$ 29,79						
22	8.8.2016	31,27	-0,032%	29,54	-0,607%	17,48	2,023%		\$ (0,32)	\$ (6,07)	\$ 40,45		\$ 34,06						

Slika 5. Primer istorijske metode u Excel-u

Logično je da će VaR biti veći ukoliko je nivo poverenja veći. Takođe primećujemo da različite metode daju različite rezultate za VaR, jer se koristi parametarski i neparametarski pristup. Svakako se ne treba oslanjati na VaR u potpunosti, jer ne daje rezultate sa apsolutnom tačnošću, već samo procenu.

#### 4.3.3. Monte Karlo simulacija

Džon fon Nojman i Stanislav Ulam, tokom Drugog svetskog rata, rade na tajnom projektu stvaranja atomske bombe, "Menhetn", tada počinje korišćenje Monte Karlo metode kao istraživačkog alata, koja dobija kodno ime po lancima kazina u Monaku. Ulam je igrajući kartašku igru, soliter, razmišljao "Kolike su šanse da se 52 karte podele tako da je igru moguće završiti?" Shvatio je da mu je praktičnije da odigra partiju sto puta i da broji uspešno odigrane partije, nego da rešava problem kombinatorikom. Tada dolazi na ideju da elektronski računari mogu da stvaraju statistički uzorak. Mnogobrojni problemi se sada rešavaju statističkim uzorkovanjem.

Simulacija je numerička tehnika za sprovođenje eksperimenta na računaru. Monte Karlo metoda je tehnika rešavanja matematičkih ili statističkih problema, dok je Monte Karlo simulacija ponavljanje uzorkovanja da bi se odredile osobine određenog fenomena. Razlika između simulacije i Monte Karlo simulacije je u tome što simulacija uzima jedan pseudoslučajan broj iz uniformne raspodele intervala (0,1) i time može da simulira bacanje novčića ako je broj manji od 0,5 onda je glava, ako je veći onda je pismo, dok Monte Karlo simulacija uzima veliki broj pseudoslučajnih brojeva iz uniformne raspodele sa intervala (0,1), i simulira uzastopno bacanje novčića. Monte Karlo metoda u ovom primeru označavala bi da

se velika količina novčića izruči na sto i da se broji koliko ima pisama, a koliko ima glava. Monte Karlo simulacija uključuje sledeće korake:

1. Identifikovanje matematičkog problema.
2. Određivanje svih parametara u modelu.
3. Generisanje pseudoslučajnih veličina  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ , odakle se računaju cene sredstava  $S_{t+1}, S_{t+2}, \dots, S_{t+n}$ , gde  $t$  predstavlja trenutno vreme.
4. Računa se vrednost sredstava ili portfolia  $F_{t+n} = F_T$  za određenu seriju cena pri unapred zadatom vremenskom periodu  $T$ .
5. Ponoviti korake 2. i 3. koliko god puta da je potrebno, npr.  $K = 10000$ .

Možemo zatim da sortiramo dobijene vrednosti i da histogramom predstavimo raspodelu vrednosti portfolia  $F_T^1, \dots, F_T^K$ . Računamo očekivanu vrednost portfolia  $E(F_T)$  i kvantil  $Q(F_T, c)$ , vrednost koja je premašila  $c$  pomnožena sa brojem simulacija  $K$ , pa VaR dobijamo kao njihovu razliku  $VaR(c, T) = E(F_T) - Q(F_T, c)$

Istinski slučajni brojevi su nizovi nasumičnih brojeva, koji ne mogu da se uklope u obrazac, nepredvidivi su i zato se javljaju samo u prirodnim pojavama ili u nepredvidivim situacijama, kao što su bacanje kockice ili novčića, izvlačenjem karata, ruletom... Sada postoje razni kompjuterski programi pomoću kojih simuliramo slučajne brojeve, ali kako su dobijeni determinističkim procesom ne mogu nikako biti slučajni, jer je neizbežno da će u nekom trenutku krenuti da se ponavljaju, pa se nazivaju pseudoslučajnim. Iako su jednostavniji za korišćenje, da bi niz bio prihvaćen kao slučajan, vrednosti moraju da budu uniformno raspoređene i ne sme da postoji obrazac na osnovu kog možemo da predvidimo buduće brojeve na osnovu sadašnjih. Sad većina programa sadrži opcije za generisanje pseudoslučajnih brojeva.

Monte Karlo simulacija generiše veliki broj scenarija za buduće promene faktora rizika, pomoću slučajnih brojeva, zatim se za svaki scenario računa vrednost portfolia, pa je VaR  $n$ -ti najveći gubitak. Što veći broj simulacija se izvrši, VaR će biti precizniji.

Monte Karlo metoda će se oslanjati na raspodele iz istorijskih podataka, neće se oslanjati na pretpostavljanje normalne raspodele, određuju se faktori rizika i procenjuju se njihovi parametri, volatilitnost i korelacija. Da bi se odredili prinosi, generišu se slučajni događaji pomoću slučajnih brojeva, ukoliko imamo jedan faktor rizika ili više njih koji nisu korelisani,

slučajni brojevi se generišu posebno za svaku slučajnu veličinu, ukoliko su korelisani potrebno je generisati slučajne brojeve koji odgovaraju raspodeli sa više promenljivih. Kako postoji skup vrednosti za svaki faktor rizika za svako sredstvo iz portfolia, potrebno je primeniti dobijene vrednosti na portfolio za svaku simulaciju. Kako bismo generisali raspodelu prinosa portfolia za određen vremenski period, potreban je veliki broj simulacija, zatim se na osnovu zadanog nivoa poverenja VaR određuje kao u istorijskoj metodi. Na primer ako imamo 5000 scenarija pri nivou poverenja 99%, VaR bi bio pedeseti najveći gubitak zabeležen od svih scenarija.

Da bismo opisali ponašanje cena, koristi se stohastički proces<sup>3</sup>, uglavnom se uzima geometrijsko Braunovo kretanje.

Definicija. Vinerov proces (Braunovo kretanje) je stohastički proces  $\{W(t)\}_{t \geq 0}$  koji ima sledeće osobine:

- $W(0) = 0$ ,
- $W$  ima nezavisne priraštaje, tj za  $n = 1, 2, \dots$  i  $0 \leq t_0 < t_1 < \dots < t_n$  slučajne promenljive  $W_0, W_{t_1} - W_{t_0}, \dots, W_{t_n} - W_{t_{n-1}}$  su nezavisne,
- $W$  je neprekidno kao funkcija od  $t$ ,
- Za svako  $0 \leq s \leq t$  slučajna promenljiva  $W(t) - W(s)$  ima normalnu raspodelu  $N(0, s - t)$ . [7]

Za standardno Braunovo kretanje  $W(t)$ , važi  $X_t = \mu t + \sigma W_t$ , gde je  $X(t)$  Braunovo kretanje sa driftom  $\mu$  i disperzijom  $\sigma^2$ . [7]

Definicija.  $S(y), 0 \leq y < +\infty$  je cena sredstva nakon intervala vremena dužine  $y$ , predstavlja proces geometrijskog Braunovog kretanja sa parametrom drifta  $\mu$  i volatilitnosti  $\sigma$ , za svako  $y, t \geq 0$  važi:

- Slučajna promenljiva  $\frac{S(t+y)}{S(y)}$  ne zavisi od cena koje su bile do trenutka  $y$ ,
- $\ln \frac{S(t+y)}{S(y)} \sim N(\mu t, \sigma^2 t)$ . [7]

Proces geometrijskog Braunovog kretanja je razlika logaritama sadašnje i buduće cene, sledeća navedena definicija je ekvivalentna prethodnoj.

---

<sup>3</sup> Stohastički proces je familija slučajnih promenljivih  $\{W(t), t \in T\}$  definisana na datom prostoru verovatnoće.

Definicija. Ako  $\{W(t)\}_{t \geq 0}$  Braunovo kretanje i  $Y_t = e^{W_t}$ , onda je  $\{Y(t)\}_{t \geq 0}$  geometrijsko Braunovo kretanje.[7]

Ako diferenciramo jednačinu  $X_t = \mu t + \sigma W_t$ , dobijamo stohastičku diferencijalnu jednačinu  $dX_t = \mu dt + \sigma dW_t$ , onda je geometrijsko Braunovo kretanje  $X_t = X_0 e^{(\mu - \frac{\sigma^2}{2})t + \sigma W_t}$ .

Pretpostavlja se da je proces promene cene sredstava tokom vremena  $S(t) = S_0 e^{X_t}$ ,  $t \geq 0$ , gde je  $S_0$  početna cena sredstava, zapravo proces geometrijskog Braunovog kretanja sa parametrima  $\mu$  i  $\sigma^2$ , možemo izračunati očekivanje i disperziju geometrijskog Braunovog kretanja u trenutku  $t$ . Očekivanje geometrijskog Braunovog kretanja će biti  $E(S(t)) = E(S_0 e^{X_t}) = S_0 E(e^{X_t}) = S_0 E(e^{\mu t + \sigma W_t}) = S_0 E(e^{\mu t} e^{\sigma W_t}) = S_0 e^{\mu t} E(e^{\sigma W_t}) = S_0 e^{\mu t} e^{\frac{\sigma^2}{2}t} = S_0 e^{\mu t + \frac{\sigma^2}{2}t}$ , jer  $\sigma W_t \sim N(0, \sigma^2 t)$ , dakle  $e^{\sigma W_t}$  ima log-normalnu raspodelu, čije je očekivanje  $E(e^{\sigma W_t}) = e^{\frac{\sigma^2}{2}t}$ , a disperzija  $D(e^{\sigma W_t}) = e^{t\sigma^2}(e^{t\sigma^2} - 1)$ , pa će disperzija geometrijskog Braunovog kretanja biti  $D(S(t)) = D(S_0 e^{X_t}) = S_0^2 D(e^{\mu t} e^{\sigma W_t}) = S_0^2 e^{2\mu t} D(e^{\sigma W_t}) = S_0^2 e^{2\mu t} e^{t\sigma^2}(e^{t\sigma^2} - 1) = S_0^2 e^{2\mu t + t\sigma^2}(e^{t\sigma^2} - 1)$ .

Pretpostavljamo da su cene sredstava nekorelisane tokom vremenskog perioda i da se promene za jedan faktor rizika mogu opisati sledećom formulom  $dS_t = \mu_t S_t dt + \sigma_t S_t dz$ , gde je  $dz$  slučajna promenljiva sa normalnom raspodelom, sa očekivanjem nula i varijansom  $dt$ ,  $dz \sim N(0, dt)$ . Kako varijansa  $dz$  neprekidno opada sa vremenom, smatra se Braunovim, a geometrijskim, jer su svi parametri skalirani trenutnom cenom  $S_t$ . Parametri  $\mu_t$  i  $\sigma_t$  predstavljaju drift i volatilitnost u trenutku  $t$ , iako se menjaju tokom vremena, lakše je pretpostaviti da su konstantni. Procesu sa beskonačno malim priraštajima  $\Delta t$ , uglavnom se u praksi aproksimiraju diskretnim promenama u veličini  $\Delta t$ . Pretpostavimo da je  $t$  sadašnje vreme, da je  $T$  posmatrano vreme, onda je  $\tau = T - t$  vremenski period tokom kog računamo VaR. Prvo period  $\tau$  podelimo na  $n$  koraka, gde je  $\Delta t = \frac{\tau}{n}$ , da bismo generisali seriju slučajnih promenljivih  $S_{t+i}$  tokom intervala  $\tau$ . Ako integralimo trenutni prinos na sredstvo  $\frac{dS}{S}$ , gde je  $dS$  beskonačno mala promena u ceni sredstava, na konačnom skupu dobijamo  $\Delta S_t = S_{t-1}(\mu \Delta t + \varepsilon \sigma \sqrt{\Delta t})$ , gde je  $\varepsilon$  standardna normalna slučajna promenljiva,  $\varepsilon \sim N(0, 1)$ . Imamo da je  $E\left(\frac{dS}{S}\right) = \mu \Delta t$  i da je  $V\left(\frac{dS}{S}\right) = \sigma^2 \Delta t$ , dakle rastu srazmerno vremenu. Stopa prinosa tokom ograničenog perioda je normalno raspodeljena. Da bi se generisala putanja cene  $S_t$ , prvo se generiše niz slučajnih promenljivih  $\varepsilon_i \sim N(0, 1)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Onda je  $S_{t+1} = S_t + S_t(\mu \Delta t +$

$\varepsilon_1\sigma\sqrt{\Delta t}$ ), zatim računamo dalje  $S_{t+2} = S_{t+1} + S_{t+1}(\mu\Delta t + \varepsilon_2\sigma\sqrt{\Delta t})$ , i tako sve do kraja vremenskog perioda kada će biti  $S_{t+n} = S_T$ . [10]

Monte Karlo metoda je izuzetno moćna, jer za razliku od istorijske metode, može da generiše izuzetno veliki broj scenarija i da testira mnogobrojne događaje. Raspodele faktora rizika mogu da odgovaraju raspodelama teških repova, u kojima su ekstremne situacije češće nego u normalnoj raspodeli. Kao i istorijska metoda, ima mogućnost računanja intervala poverenja za VaR, što je veći interval, VaR će biti precizniji, a veliki broj ponavljanja to omogućava. Najveća mana je kompjuterska moć koja je potrebna da se obave sva izračunavanja, da bi se dobio što precizniji rezultat potrebno je što više ponavljanja, što oduzima dosta vremena. Ako je portfolio veliki,

sadrži više stotina sredstava i potrebno je izvršiti 10000 simulacija, biće potrebno nekoliko miliona vrednosti, što znači da je dosta vremena potrebno. Ukoliko imamo slučaj da su svi faktori rizika normalno raspodeljeni i da su svi obračuni linerani, nema potrebe posezati za ovom metodom, kada je to vrlo jednostavno izračunati varijansno-kovarijansnom metodom, dok će Monte Karlo metoda dati samo približnu aproksimaciju koja će biti srazmerno dobra broju ponovljenih scenarija. Izračunata vrednost VaR-a Monte Karlo metodom za linearni portfolio bi trebalo da se poklapa sa VaR-om dobijenim analitičkom metodom, kako je standardna greška inverzno proporcionalna kvadratnom korenu veličine uzorka  $K$ , da bismo smanjili standardnu grešku za faktor  $m$ , vrednost uzorka mora da se poveća za  $m^2$  puta. Ovo je nepraktično kada je  $m$  veliko. Prihvatljiva je standardna greška oko 1%, za normalnu raspodelu potrebno je više od 20000 simulacija da bi standardna greška bila ispod 1%. [10] Rešenje je u pažljivom dizajnu načina na koji se podaci prikupljaju i analiziraju. Ali kada postoje nelinearne promene vrednosti, uvek se bira Monte Karlo metoda, jer koristi nelinearne modele vrednovanja. Izuzetno je bitno da se procene parametri kako treba, jer samo ako je modelovanje urađeno kako treba, Monte Karlo metoda će biti korektna. Kad god bi trebalo napraviti procenu ili odluku gde postoji značajna nesigurnost, najbolje bi bilo primeniti Monte Karlo metodu, da bi se sprečilo nastajanje greške.

Primer: Pretpostavimo da se portfolio sastoji od jednog sredstva kompanija Johnson&Johanson (JNJ) u koju je uloženo 10000 dolara. Podaci su preuzeti sa yahoo finance sajta [15]. Period u kom iz kog su uzeti podaci je dužine jedne godine i jednog dana, od 1.9.2015. godine do 1.9.2016. godine. Potrebno je odrediti jednodnevni VaR za dati portfolio sa nivoom poverenja 95% i 99% Monte Karlo metodom.

Na osnovu datih podataka o ceni sredstava na kraju svakog dana u Excel-u računamo potrebne parametre: dnevne prinose, kao logaritam razlomka trenutne i prethodne cene, zatim se svi prinosi pretvaraju u procentualne vrednosti, dnevni očekivani prinos i dnevnu standardnu devijaciju prinosa i drift koji je jednak  $\mu - \frac{\sigma^2}{2}$ . Generišemo hiljadu slučajnih brojeva sa normalnom raspodelom kombinujući dve funkcije iz Excel-a  $normsinv(rand())$ . Zatim za svaku simuliranu vrednost računamo prinose kao zbir drifta i proizvoda slučajne veličine i standardne devijacije, pa ih pretvorimo u procentualne vrednosti. Zatim njih primenimo u geometrijskom Braunovom procesu da bismo simulirali prinose sredstava,  $\ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) = \mu - \frac{\sigma^2}{2} + \varepsilon_t \sigma$ . Zatim množimo sa količinom novca uloženom u portfolio, dakle sa 10000 dolara. Pomoću funkcije *Percentil* iz Excel-a dobijeni VaR za 95% interval poverenja je 140,95 dolara, dok je za 99% 204,59 dolara. Kao što je već rečeno očekivano je da za veći nivo poverenja bude i veći VaR. Pri svakom novom pokretanju funkcije se dobija nova serija podataka.

N5		=PERCENTILE(L3:L1002,5%)														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2																
3		JUN	\$ 10,000.00			Dnevni očekivani prinos			1	2.115835	1.983%	198.28				
4	Date		prinosi			0.102%			2	1.289905	1.247%	124.69				
5	9/1/2016	119.08	-0.218%			Dnevna standardna devijacija			3	0.508499	0.551%	55.07				
6	8/31/2016	119.34	-0.109%			0.891%			4	0.489478	0.534%	53.37				
7	8/30/2016	119.47	-0.376%			Drift			5	0.365035	0.423%	42.29				
8	8/29/2016	119.92	0.737%			0.098%			6	-0.32117	-0.189%	-18.85				
9	8/26/2016	119.04	0.396%						7	-1.00364	-0.797%	-79.66				
10	8/25/2016	118.57	-0.118%						8	1.670232	1.586%	158.58				
11	8/24/2016	118.71	-0.613%						9	-1.45226	-1.196%	-119.63				
12	8/23/2016	119.44	0.260%						10	-0.87592	-0.683%	-68.28				
13	8/22/2016	119.13	-0.661%						11	-1.45715	-1.201%	-120.07				
14	8/19/2016	119.92	-0.665%						12	2.455465	2.285%	228.54				
15	8/18/2016	120.72	-0.488%						13	-1.23936	-1.007%	-100.66				
16	8/17/2016	121.31	0.811%						14	-1.19783	-0.970%	-96.96				
17	8/16/2016	120.33	-1.632%						15	1.504117	1.438%	143.78				
18	8/15/2016	122.31	-0.741%						16	0.108821	0.195%	19.46				
19	8/12/2016	123.22	-0.445%						17	0.579772	0.614%	61.42				
20	8/11/2016	123.77	0.332%						18	-1.40471	-1.154%	-115.39				

Slika 6. Primer Monte Karlo metode u Excel-u

## 4.4. Testiranja

VaR nije idealna mera rizika i zavisi od dostupnih podataka. Još uvek ne postoji način da se konstruišu VaR modeli koji će odgovarati i pri normalnim i pri ekstremnim uslovima tržišta. VaR modeli su korisni samo ako razumno predviđaju rizik, zato se proveravaju preko povratnog i testiranja ekstremnih događaja. Ukoliko se greške dešavaju, potrebno je pregledati sve, da li su unete korektne pretpostavke i parametri, da li je modelovanje tačno. Ove metode se koriste da bi se analizirali mogući efekti ekstremnih događaja i neophodno je da budu deo VaR sistema, takođe se tako dolazi i do mogućih poboljšanja modela.

### 4.4.1. Povratno testiranje

Povratno testiranje je proces poređenja procene izračunatog VaR-a sa stvarnim profitom ili gubitkom portfolia, tačnije proveravanje tačnosti VaR modela. Idealno je da se prekoračenje VaR-a dešava u skladu sa nivoom poverenja, ta prekoračenja su izuzeci, na primer za 100 dana sa nivoom poverenja od 90%, očekuje se 10 izuzetaka, ali ukoliko ih ima previše, model potcenjuje rizik. Problem se javlja, jer se tokom vremenskog perioda portfolio stalno menja, dok je on za VaR isti, pa se zato preporučuje da se povratno testiranje radi na dnevnom nivou. Ako je procenat izuzetaka malo veći u odnosu na očekivani, to se može pripisati lošoj sreći, ukoliko je dosta veći potrebno je menjati model.

Postoji i hipotetičko povratno testiranje, gde se na zamrznut portfolio na određen dan primenjuju istorijske serije prinosa, pa se na taj način generiše serija prinosa na portfolio. Korisno je testirati i stvarni i hipotetički portfolio, ukoliko hipotetički prinosi prođu testiranje, a stvarni ne, problem je u trgovini koja se dešava tokom dana, u obrnutom slučaju je problem u samom modelu. Najjednostavniji metod je praćenje stop neuspeha, tačnije brojanjem koliko puta je premašen VaR. Ako pretpostavimo da VaR odgovara jednog procentnom nivou levog repa, u toku unapred određenog perioda od  $T$  dana, gde je  $N$  broj neuspeha, stopa je  $N/T$ , dobija se nepristrasna mera za nivo značajnosti  $p$ , kako se broj opservacija u uzorku povećava. Želimo da znamo da li je  $N$  preveliko ili premalo pri datom nivou značajnosti, pod nultom hipotezom da gde je na primer  $p = 0.01$  u uzorku veličine  $T$ . Raspodela prinosa nije bitna, pa je ova metoda neparametarska. Jasno je, da će za stopu neuspeha biti binomna raspodela, koja se može aproksimirati u normalnu. Pod nultom hipotezom da je model korektan, broj izuzetaka  $x$  prati binomnu raspodelu  $f(x) = \binom{T}{x} p^x (1-p)^{T-x}$ , gde je očekivana vrednost  $E(x) = pT$ , a disperzija  $D(x) = p(1-p)T$ . Kada je uzorak  $T$  dovoljno veliki, na osnovu centralne granične

teoreme se može aproksimirati normalnom raspodelom  $z = \frac{x-pT}{\sqrt{p(1-p)T}} \approx N(0,1)$ . [10] Ukoliko je mala verovatnoća da se desi greška prve vrste (odbacivanje dobrog modela) i još manja da se dogodi greška druge vrste (prihvatanje lošeg modela) smatra se da test ima veliku moć. Nivo značajnosti testa nije povezan sa nivoom značajnosti VaR-a. Najbitnije je prepoznati razliku između loše sreće i lošeg modela ili balansirati između greške prve vrste i greške druge vrste.

#### **4.4.2. Testiranje ekstremnih događaja i scenarija**

VaR koristimo da odredimo potencijalne gubitke pri normalnim uslovima, gde je to definisano nivoom poverenja, dok povećanjem nivoa poverenja možemo dobiti veće potencijalne gubitke koji su manje verovatni. VaR zasnovan na skorašnjim istorijskim podacima ne mora da uspe da identifikuje ekstremne situacije koje mogu da izazovu gubitke. Zato je potrebno koristiti testiranje ekstremnih događaja kao dodatnu metodologiju, kada postoje neočekivani uslovi. Testiranje ekstremnih događaja je prepoznavanje i upravljanje situacijama sa izuzetno velikim gubicima. Određuje se veličina potencijalnog gubitka, ali ne i njegova frekvencija, pa je to nestatistička mera. Pravi se niz hipotetičkih scenarija ili simulacija da bi se otkrili efekti ekstremnih uslova tržišta. Metoda je prilično subjektivna, loši scenariji mogu dovesti do nebitnih potencijalnih gubitaka ili ne uzimanje u razmatranje verodostojnih. Scenariji mogu da se zasnivaju na istorijskim događajima, kao što je krah tržišta iz 1987. godine ili teroristički napad na svetski trgovinski centar ili na hipotetičkim pretpostavkama na osnovu promena u politici i ekonomiji, da se pretpostavi neki teroristički napad, krah tržišta, skok cena nafte... Prvo se postavi scenario, pa se računaju odgovarajući prinosi. Može da se pretpostavi jedan globalni događaj, na primer da jedna valuta skoči u odnosu na drugu, potrebno je uključiti i efekte koje bi to proizvelo na ostale valute. Ili da se napravi više scenarija koji se odnose samo na jedan faktor rizika, ali ovako se ne uzima u obzir efekat portfolia, a ni diversifikacija. Simuliraju se promene u faktorima rizika, pa se računaju vrednosti za portfolio za svaku promenu i beleže se mogući gubici. Kada bi se od svih tih scenarija uzimali samo najgori gubici, VaR bi bio precenjen i ne bi bilo mnogo koristi od takvog rezultata. Kako postoji mnogo mogućih scenarija, svakako nije moguće da se svi obuhvate, ali će dosta njih imati velike gubitke, bez informacije o verovatnoći sa kojom je moguće da se ti gubici dese, pa se često scenariji zbog toga odbacuju, jer je teško odabrati koji je najverovatniji da se desi. Dok za scenarije koje smatraju relevantnim, menadžeri će smišljati planove i pripremati posebna finansiranja za slučaj da se gubitak dogodi, kupovati osiguranja za taj specifičan događaj ili prilagođavati svoj portfolio ili poslovanje da smanje rizik.



Mana je što modeli odgovaraju samo jednom periodu, tj. ne podležu promenama na tržištu, nije moguće produžiti period, jer se pretpostavlja da je portfolio stalan. Problem je što se često za korelaciju pretpostavlja da je nula ili jedan, a to ne odgovara realnom stanju na tržištu. Testiranje ekstremnih događaja i scenarija ukazuje na sve slabosti portfolia, kako postoji preveliki broj mogućih scenarija, potrebno je birati na osnovu slabosti portfolia. Zato je veoma bitno da analitičar koji smišlja i izvršava test, ima iskustva i odličnu procenu, da bi postavio scenario korektno, tako da povezani događaji imaju logičan sled i da nisu van ekonomskog smisla, dakle testiranja su subjektivna. Testiranja su samo dopuna VaR-a, tačnije oni ispituju repove raspodele, tj. ekstremne događaje.

Literatura korišćena u ovom poglavlju je navedena pod brojevima 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14 i 15.

## **5. Upravljanje rizikom pomoću VaR-a**

“VaR= tržišni VaR+ kreditni VaR + operativni VaR – diversifikacija.”[10]

VaR je samo jedan alat koji kvantifikuje rizik, ne govori da li bi trebalo da se odbaci ili prihvati rizik. Potrebno je posmatrati i očekivani profit i njihov odnos. VaR se koristi kao metoda merenja rizika, zatim kao metoda kontrole rizika i kao metoda upravljanja rizikom.

VaR je na početku bio metoda za merenje rizika i izveštavanja o istom. VaR daje meru rizika, koja ne otkriva nikakve informacije o stanju portfolia, što je veoma značajno svim kompanijama, jer kriju informacije od konkurenata, a opet postoji transparentnost na tržištu. Za kompanije koje ne dostavljaju informacije o riziku se uglavnom pretpostavlja da su u teškoćama i da posluju loše, što dovodi do gubitka poslova i klijenata.

Zatim VaR kreće da se koristi i kao alat za kontrolu rizika. Koristi se da se meri nivo rizika na nivou cele kompanije uzimajući u obzir diversifikaciju svih odeljenja. Zatim počinje korišćenje VaR-a da uoči neprihvatljive rizike i da ih otkloni. Postavljanje ograničenja o riziku na svim nivoima kompanije na osnovu VaR-a je vid kontrole rizika. Ograničenja koja se postavljaju na osnovu VaR-a ne mogu da budu jedini odlučujući faktor, ukoliko volatilitet naglo skoči, što direktno utiče na VaR, veoma je bitna odluka koju će menadžer doneti u tom trenutku da li će povećati limit, jer bi likvidacija sredstava u tom trenutku mogla da bude preskupa zbog nepovoljnog stanja tržišta. Takođe je bitno koji se pristup koristi, jer imaju različit odgovor na kratkotrajnu promenu volatiliteta.

U skorije vreme počinje da se koristi kao aktivni alat za upravljanje rizikom, za procenu učinka, alokaciju kapitala i donošenje poslovnih odluka. Alokacija kapitala je raspoređivanje kompanijinih resursa na najbolji mogući način, tačnije da ostvaruje najveću moguću zaradu. Upoređivanje prinosa i VaR-a prikazuje koliko je efikasno upravljanje rizikom. Odluke o trgovini se donose na osnovu averzije prema riziku i prinosu kompanije.

Kada se usklade parametri, VaR se može koristiti da se poredi izloženost riziku različitih kompanija. Takođe različite vrste sredstava mogu da se porede, što nije bilo moguće pre VaR-a. Poželjno je da se VaR računa za različite vremenske periode, da ne bi dolazilo da manipulacije sredstava pred završetak perioda. "VaR se može posmatrati kao mera rizičnog kapitala, ili ekonomskog kapitala koji je neophodan da podrži finansijsku aktivnost." [10] VaR je kapital koji je ostavljen sa strane da pokrije većinu mogućih gubitaka za unapred određen nivo poverenja, da bi se kompanija obezbedila u slučaju gubitka. Samim tim moguće je upoređivati potpuno različita sredstva. Mnoge metode koje koriste VaR, pomažu u donošenju odluka oko rizika.

## **5.1. Upravljanje tržišnim rizikom**

Usled nestabilnosti tržišta, volatilnost raste, samim tim i VaR, tada je neophodno doneti odluku da li se povećani rizik prihvata u nadi za većim profitom. Da bi se institucije zaštitile od neprihvatljivih gubitaka, VaR postavlja ograničenja koja su bolja od klasičnih, jer u obzir uzima i rizik i diversifikaciju. Alokacija sredstava pokušava da napravi najbolji mogući balans između rizika i prinosa portfolia, dugoročnom prognozom svih sredstava u portfoliu, dakle VaR koristimo da bismo alocirali sredstva što je bolje moguće. Čak i kad se znaju očekivani prinosi za sredstva, nemoguće je znati i sve njihove međusobne korelacije, zato je VaR izuzetno koristan.

Radi što bolje zaštite banke će računati dnevni i mesečni VaR, takođe će pomoću testiranja ekstremnih događaja računati najveći gubitak na godišnjem nivou i ekstremni gubitak, tačnije sredstva koja su spremni da zauvek izgube. VaR se na nivou banke može implementirati na nivou jedinice za trgovanje i na nivou berzanskih trgovaca, nedostatak je što je potrebno da menadžer ili sami trgovci znaju da računaju VaR. Zbir svih vrednosti pri riziku izračunatih od strane trgovaca će biti manji nego vrednost pri riziku za celu jedinicu, zbog diversifikacije.[8]

VaR olakšava praćenje tržišnog rizika, i time otežava neodobrena trgovanja. Ako se VaR poveća, veoma je bitno otkriti razlog zbog kog se to desilo, na primer ukoliko više menadžera

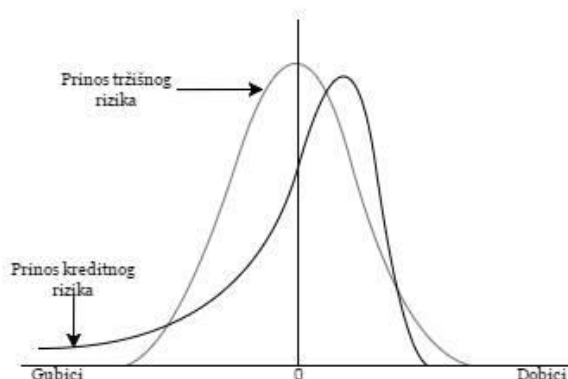
ulaže u isto sredstvo ili ukoliko menadžer preuzima veći rizik, zbog trenutnih uslova, ili je zapravo izvršena neodobrena transakcija. Ukoliko postoje dva sredstva sa sličnim očekivanim prinosom, menadžer bi uvek trebalo da za portfolio izabere sredstvo sa nižim VaR-om, da bi portfolio imao što manji rizik. Ili ukoliko su sva sredstva u jednoj industriji, trebalo bi izabrati sredstvo koje nije iz iste industrije, zbog diversifikacije i smanjivanja rizika.

Svi klijenti zahtevaju od korporacija da imaju sistem za upravljanje rizikom, jer smatraju da izveštaji o prinosima nisu dovoljni.

## 5.2. Upravljanje kreditnim rizikom

Pri računanju kreditnog rizika, uzimaju se u obzir kreditni rizici svih zaduženika i njihove korelacije, da bi se uračunao i efekat diversifikacije, pristupa mu se kao portfolio. Kada neko isplati dugovanje, profit postoji, ali ukoliko se ne isplati dugovanje, može da nestane čitava vrednost sredstava, gubitak je zaista veliki. Zato se uvek ostavljaju kreditne rezerve sa strane ukoliko dođe do gubitka. Što je kredit rizičniji, potrebno je ostaviti veću sumu sa strane. Računanje VaR-a za kreditni rizik i profita koji kredit donosi, pomaže pri donošenju odluke koliko sredstava ostaviti u slučaju gubitka, da li povećati kamatnu stopu i samim tim uvećati prinose, da li produžiti kredit.

Zavisi od promena vrednosti u kreditnim događajima, kao što marketni zavisi od promena na tržištu, ali za razliku od marketnog rizika prinosi nemaju normalnu raspodelu, jer ukoliko neko ne isplati dugovanje, verovatnoća velikog gubitka pravi iskrivljenu, asimetričnu raspodelu sa teškim levim repom. Potrebno je odrediti raspodelu gubitka koji nastaju usled neplaćenog dugovanja i odrediti ekstremni ishod. Bira se jednogodišnji period tokom kog se računa VaR, jer je uglavnom toliko vremena potrebno za mitigaciju rizika.



Slika 3. Prinosi tržišnog i kreditnog rizika [11]

### 5.3. Upravljanje operativnim rizikom

Operativni rizik je često uzrok kreditnog i tržišnog rizika, za razliku od njih, nema ogromne količine podataka. Zato je bitno pratiti i beležiti sve gubitke, da bi se otkrile sve disfunkcije sistema. Za procenu operativni rizik često sami zaposleni daju mišljenje o mogućim izvorima rizika, ili se predviđa rizik na osnovu indikatora rizika, na primer broj loše promišljenih transakcija, i merenjem raspodele gubitaka na osnovu zabeleženih informacija. U zavisnosti koliki rizik nosi sa sobom, može se vršiti prevencija ili smanjivanje rizika ili potpuno izbegavanje aktivnosti koje nosi rizik. Prevencija kod operativnog rizika znači odabir kvalitetnijeg kadra, bolje opreme... Smanjivanje rizika se vrši kupovinom osiguranja i planiranjem nepredviđenih situacija ili ostavljanjem kapitala sa strane za neočekivane gubitke. Da bi se odredila količina kapitala potrebnog u slučaju gubitka, potrebno je odrediti očekivani gubitak pri određenom nivou poverenja, ukoliko podaci ne postoje, moraju se koristiti scenariji na osnovu subjektivnog mišljenja analitičara. Za svaki deo poslovanja se određuje indikator izloženosti riziku. Zatim da bi se odredila raspodela gubitka neophodno je odrediti verovatnoću gubitka, tj. broj gubitka tokom određenog perioda, i veličinu gubitka kad se on desi.

Kada se mere gubici iz istorijskih podataka, pa se prilagode trenutnoj situaciji u poslovanju, dobijamo skaliran gubitak  $x$ . Gustina raspodele za broj gubitaka  $n$  koji se desio tokom određenog intervala je  $f(n)$ , gde je  $n = 0, 1, 2, \dots$ , dok gustina raspodele za veličinu gubitka  $x$  iznosi  $g(x|n = 1)$ ,  $x > 0$ . Ukupan gubitak je suma gubitka za dati broj gubitaka  $S_n = \sum_{I=1}^N X_I$ . Ako se pretpostavi da su  $N$  i  $X$  nezavisni, očekivani ukupni gubitak će biti  $E(S) = E(N)E(X)$ , a varijansa će biti  $V(S) = V(X)E(N) + V(N)E(X)^2$ . Da bismo pronašli kvantil potrebna je gustina raspodele gubitka  $h(s) = \int g_s(s|n)f(n)dn$ , gde je  $g_s$  je suma veličina gubitaka promenljivih, ukoliko integral ne može da se reši koristi se simulacija.[10] Kako operativni rizik ne donosi dobit, a skupo je da se smanjuje, institucije na osnovu VaR-a odlučuju da li će prihvatiti rizik ili će uložiti kapital da ga smanje ili prebace na nekog drugog. Na primer banka će dosta razmatrati ulaganje u novi sigurnosni sistem koji može koštati milione, jer banci direktno neće doneti nikakav profit, ali će banka biti sigurnija od pljački. Na osnovu VaR-a, tj. gubitka koji može da ih zadesi i ekonomskih beneficija i troškova ostalih rizika kojima su izloženi, banka će doneti konačnu odluku.

## 5.4. Prednosti i mane VaR-a

Kako se VaR predstavlja samo jednim brojem, veoma je lak za razumevanje i dalje analiziranje, što je veoma pogodno za sve koji imaju interes u poslovanju, a nemaju adekvatno znanje. Samim tim što im je dat tačno jedan broj koji opisuje mogući gubitak sa odgovarajućom verovatnoćom, mogu veoma lako da se odluče da li se slažu da se nastavi poslovanje pri takvom riziku ili ne. Kako je VaR jedinstvena mera rizika, mogu se porediti različite vrste sredstava i različiti portfolio. Moguće je porediti profite kompanije i njenu izloženost riziku, i na osnovu toga alocirati rizik. Kako VaR uzima u obzir diversifikaciju portfolia, ukoliko imamo dva sredstva koja nisu korelisana ili se njihovi faktori rizika međusobno poništavaju, to će značiti da će ukupni VaR za oba sredstva biti nizak, tačnije manji od zbira pojedinačnih vrednosti VaR-a za oba sredstva, dok ukoliko su veoma korelisana sredstva, VaR će biti visok, i iznos će biti viši nego zbir pojedinačnih vrednosti VaR-a za sredstva. Dakle mana je što VaR ne zadovoljava subaditivnost. Takođe, sa porastom broja sredstava, računanja postaju sve teža, potrebno je računati prinose, volatilitnost za sva sredstva i njihovu međusobnu korelaciju, ali kako je VaR veoma dostupan, može se izračunati jednostavno preko raznih finansijskih softvera, bez prethodnog statističkog znanja.

Postoje različiti pristupi izračunavanja VaR-a što je korisno za različite vrste portfolia, ali dolazi do problema ukoliko različite metode daju različite vrednosti VaR-a za isti portfolio. Zato je veoma bitno da se dobro proceni koji metod najviše odgovara datom portfoliu, kao i da se postave korektne pretpostavke, na primer pretpostavljanje normalne raspodele prinosa, kada nije tako, dovodi do pogrešne vrednosti VaR-a. Takođe je velika mana što pretpostavlja da je portfolio zamrznut, tokom perioda kada se računa VaR, iako se on stalno menja.

Veoma često dolazi do zabune, jer ljudi smatraju da je vrednost VaR-a zapravo maksimalna svota novca koju mogu da izgube. Kad se računa VaR pri 99% nivou poverenja, taj jedan procenat koliko god delovao malo može da dovede čak i do bankrota kompanije. Vrlo često će gubitak premašiti VaR samo za nekoliko procenata, ali tokom ta dva do tri dana, o kojima VaR ne govori, uvek može da se dogodi neki ekstremni slučaj koji će dosta uzdrmati tržište. Najvećom manom VaR se smatra upravo to što ne može da predstavi koliki je zaista najveći mogući gubitak. Uprkos raznim manama, ukoliko se VaR posmatra kao ono što zapravo jeste i koriste se pravilne pretpostavke, zajedno sa drugim metodama je veoma koristan.

Ima raznoliku upotrebu, mogu se postaviti maksimalna ograničenja za izloženost cele kompanije riziku, ili njenim određenim delovima. Takođe se na osnovu VaR-a odvajaju

unapred sredstva ukoliko dođe do gubitka, procenjuju se nove prilike za investiranje, osmišljava se strategija zaštite od rizika.

VaR je široko rasporostranjen metod, smatra se zlatnim standardom, po kome se svi ravnaju. Sve češće se navodi u godišnjim izveštajima kompanija, da bi sve strane sa interesom znale kom riziku se izlaže kompanija, iako neke kompanije ne žele da koriste VaR, ukoliko njihova konkurencija koristi, biće zahtevano od strane vlasnika akcija, da bi izloženost riziku kompanija mogla da se uporedi.

Literatura korišćena u ovom poglavlju je navedena pod brojevima 8, 10 i 11.

## 5. Zaključak

Upravljanje rizicima znači razmišljati unapred o potencijalnim događajima i njihovim posljedicama i nalaženju načina kako da se negativni ishodi umanje ili izbegnu. Prognoza budućih događaja omogućava da se uoče ključni rizici i sprovedu mere zaštite kako ne bi došlo do prevelikih finansijskih gubitaka i samim tim loše reputacije, zbog propusta u načinu poslovanja kompanije.

Kombinovanjem analitičkih i naprednih statističkih metoda sa detaljnom bazom podataka omogućava se izuzetno pouzdan i koristan sistem upravljanja rizikom. Potrebno je koristiti istu metodologiju pri merenju rizika na dnevnom nivou, VaR je najbolji izbor za to, iako kao svaka aproksimacija ima svoja ograničenja. Zatim se na osnovu VaR-a, raspoloživog kapitala i tolerancije prema riziku određuju limiti. Kako je VaR mera gubitka pri normalnim uslovima, potrebno je da se koriste dodatne metode koje ispituju rizik u ekstremnim uslovima. VaR omogućava bolji odnos između prinosa i rizika, razmatra se da li je nagrada dovoljno isplativa, da bi se rizik prihvatio.

Iako je korišćenje VaR-a veoma rasprostranjeno, mišljenja su prilično suprotstavljena. Mnogi smatraju da VaR daje lažan osećaj sigurnosti, jer ne daje najgori mogući gubitak, već najgori mogući gubitak pri određenom nivou poverenja. To dovodi do toga da mnogi trgovci preuzimaju veće rizike nego što bi inače. Ali kad se pravilno koristi uz razumevanja svih ograničenja onda VaR zajedno sa testiranjem ekstremnih događaja daje veoma korisne informacije koje su izuzetno jednostavne za razumevanje.

Usavršavanje upravljanja rizikom će se nastaviti u budućnosti, pogotovo će se obraćati pažnja na pretpostavke koje se koriste za pravljenje modela rizika. Kako su svi rizici usko povezani, razvija se integralni pristup upravljanja rizicima, sa ciljem da se obuhvati što veći broj rizika kojima je institucija izložena. Kako se metodologija VaR-a se može proširiti i na druge rizike postoji nekoliko modifikacija VaR-a.

## 6. Literatura

1. Oxford Learners Dictionaries, *Risk*  
[http://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/risk\\_1?q=risk+](http://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/risk_1?q=risk+),  
Oktobar 2015.
2. Skjong, R., 2005. *ETYMOLOGY OF RISK: Classical Greek origin – Nautical Expression – Metaphor for “difficulty to avoid in the sea”*.  
<http://research.dnv.com/skj/Papers/ETYMOLOGY-OF-RISK.pdf>, Oktobar 2015.
3. ISO. *Risk management - Principles and Guidelines*.  
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:31000:ed-1:v1:en>, Oktobar 2015.
4. Vaughan, E. J. & Vaughan, T. M., 2008. *Fundamentals of Risk and Insurance*.  
Hoboken: John Wiley and Sons, Inc. pp 1-31
5. Barjaktarović, L. 2011. *Upravljanje rizikom*. Beograd: Univerzitet Singidunum pp 3-57
6. Crounhy, M. & Galai, D. & Mark, R., 2006. *The Essentials of the Risk Management*.  
New York: The McGraw-Hill Companies, Inc. pp 1-35, 149-180
7. Janković, S., 2015. *Elementi finansijske matematike*. Beograd pp 43-55
8. Cvetinović, M., 2008. *Upravljanje rizicima u finansijskom poslovanju*. Beograd:  
Univerzitet Singidunum pp 3-100
9. The Institute of Risk Management, *A Risk Management Standard*,  
[https://www.theirm.org/media/886059/ARMS\\_2002\\_IRM.pdf](https://www.theirm.org/media/886059/ARMS_2002_IRM.pdf), Novembar 2015.
10. Jorion, P., 2007. *Value at Risk The New Benchmark for Managing Financial Risk*.  
New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
11. Choudhry, M., 2006. *An Introduction to Value-at-Risk*. Chichester: John Wiley &  
Sons, Ltd.
12. Yahoo. *General Electric Company (GE)*.  
<http://finance.yahoo.com/quote/GE/history?p=GE>, Septembar 2016.
13. Yahoo. *Smith & Wesson Holding Corporation (SWHC)*.  
<http://finance.yahoo.com/quote/SWHC/history?p=SWHC>, Septembar 2016.
14. Yahoo. *NCI Building Systems Inc. (NCS)*.  
<http://finance.yahoo.com/quote/NCS/history?p=NCS>, Septembar 2016.
15. Yahoo. *Johnson & Johnson (JNJ)*.  
<http://finance.yahoo.com/quote/JNJ/history?p=JNJ>, Septembar 2016.