



Klimatki VaR kao metod za kvantifikaciju klimatskih rizika i rizika povezanih sa životnom sredinom

Climate VaR as a method for quantifying climate and environment-related risks

Dražen Cvijanović, Univerzitet Sinergija Bijeljina

Apstrakt

U ovom radu su analizirane mogućnosti primjene VaR (Value-at-Risk) metrike u svrhu kvantifikacije klimatskih rizika i rizika povezanih sa životnom sredinom. Fokus na klimatskim rizicima i rizicima povezanim sa životnom sredinom u bankarstvu je novijeg datuma, tako da su metodi za mjerenje ove vrste rizika u ranoj fazi razvoja. Primjena VaR metrike u oblasti kvantifikacije klimatskih rizika mora da uzme u obzir bitne karakteristike ove vrste rizika. Prvo, klimatski VaR (CVaR) mora da se zasniva na scenarijima koji polaze od toga da obrazac razvoja klime u narednom periodu neće biti zasnovan na istorijskom šablonu, već će uzeti u obzir očekivana pogoršanja u razvoju klime. Drugo, CVaR mora uzeti u obzir da se radi o heterogenoj grupi rizika, te da neke od podrizika treba modelirati različitim statističkim raspodjelama. Treće, vremenski horizont koji se koristi za izračun CVaR metrike znatno je duži nego kod drugih vrsta rizika (oko 15 godina). Sa druge strane, primjena CVaR metrike se suočava i sa značajnim problemima, kao što su nedostatak podataka, nizak nivo standardizacije i heterogenost ove vrste rizika.

Ključne riječi: klimatski rizici, VaR, klimatski VaR

JEL klasifikacija: G10, G15, G18, G21, G28

Abstract

This paper analyzes the potential application of Value-at-Risk (VaR) metric for quantifying climate and environment-related risks. The focus on climate and environment-related risks in banking is relatively recent, resulting in methods for measuring this type of risk being in the early stages of development. The application of the VaR metric in climate risk quantification must consider the unique characteristics of this type of risk. First, Climate VaR should be based on scenarios that assume future climate patterns will not follow historical development but will instead account for anticipated deteriorations in climate conditions. Second, CVaR must take into account that it is a heterogeneous group of risks, necessitating that some sub-risks should be modeled using different statistical distributions. Third, the time horizon used

to calculate the CVaR metric is significantly longer than that for other types of risk (about 15 years). On the other hand, the application of the CVaR metric also encounters significant problems, including a lack of data, a low level of standardization, and the inherent heterogeneity of this type of risk.

Key words: climate-related risks, VaR, climate VaR

JEL classification: G10, G15, G18, G21, G28

I. UVOD

Rastuće interesovanje akademske zajednice i eksperata u oblasti upravljanja rizicima u bankarstvu i finansijama za segment upravljanja i mjerenja klimatskih rizika i rizika povezanih sa životnom sredinom je novijeg datuma. Ipak, imajući u vidu evidentan značaj klimatskih promjena u svim oblastima života, pa tako i u ekonomiji, sve više pažnje kako regulatora tako i banaka i drugih finansijskih institucija se poklanja pronalasku načina za upravljanje i mjerenje rizika koji pripadaju ovoj grupaciji. U svjetlu postojeće međunarodne bankarske regulative definisane kroz okvire Bazelskog komiteta za superviziju banaka (Bazel I, II, III i IV), može se tumačiti da je tretman klimatskih rizika definisan kroz stub II bazelskog okvira, odnosno da se istima upravlja kroz proces supervizijskog nadzora i procjene. Navedeno podrazumijeva da za navedene rizika banka treba da vrši periodičnu procjenu njihove značajnosti, te da iste uključi u sprovođenje stres testova i da ih kvantifikuje kroz proces interne procjene adekvatnosti kapitala, odnosno da utvrdi potrebni ekonomski kapital za ovu vrstu rizika. Ono što predstavlja najveći izazov u ovom procesu, jeste činjenica da ne postoji jedinstvena i opšteprihvaćena metodologija i skup podataka kroz koje bi se navedeno sprovedo, već banke moraju da razviju i validiraju sopstvene metode koji će biti razvijeni na principima najbolje prakse. Dodatnu otežavajuću okolnost predstavlja i činjenica da klimatski rizici i rizici povezani sa životnom sredinom generalno imaju nizak nivo standardizacije, što njihovu kvantifikaciju čini znatno izazovnijom nego što je to slučaj sa visokostandardizovanim rizicima kao što su kreditni rizik, tržišni rizici, kamatni rizik isl.

U dosadašnjoj praksi koju primjenjuju banke i supervizori se iskristalisalo nekoliko metodoloških alata za kvantifikaciju klimatskih rizika i rizika povezanih sa životnom sredinom [1]: skor ili rejting klimatskog rizika, scenario analiza, stres testiranje klimatskih rizika i analiza osjetljivosti. Pored toga Bazelski komitet za superviziju banaka [1] navodi da se u praksi razvijaju i drugi metodi kao što je analiza prirodnog kapitala i CVaR (Climate Value-at-Risk). Dietz, Bowen, Dixon i Gradwell [2] su procijenili CVaR globalne finansijske aktive pod pretpostavkom da se globalna emisija razvija po uobičajenom šablonu. Međutim, autori su takođe ustanovili da je najveći rizik u tzv. repu raspodjele. Navedena okolnost upućuje na zaključak da bi CVaR mjereno uz veći percentil ili mjere kao što je ES (expected shortfall) pokazali znatno veći nivo rizika nego što pokazuje CVaR inicijalno.

Imajući u vidu navedene okolnosti i značaj VaR metrike u savremenom upravljanju rizicima, u ovom radu će se razmotriti mogućnosti primjene ove metrike na mjerenje klimatskih rizika, odnosno takozvani CVaR (Climate Value-at-Risk).

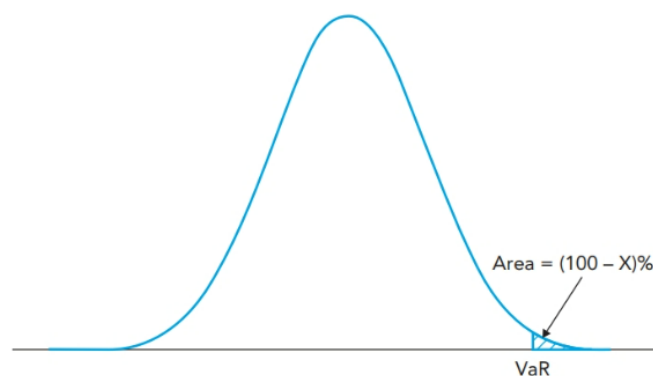
II. METODI ZA IZRAČUN VAR METRIKE

VaR (Value-at-Risk) kao metod za mjerenje rizika nastao je 90-ih godina prošlog vijeka iz potrebe za jednom jednostavnom i intuitivnom mjerom rizika, koja bi omogućavala da se top menadžment banke informiše o nivou rizika kojem je institucija izložena, bez potrebe za čitanjem suviše obimnih izvještaja. U tom smislu, VaR omogućava donosiocima odluka u banci da sagledaju najveći mogući gubitak u određenom vremenskom horizontu, koji neće biti prekoračen uz dati nivo povjerenja. Svako istraživanje VaR metrike polazi od antologijske knjige Value-at-Risk, The New Benchmark for Managing Financial Risk [3]. Formalno, VaR portfolia se definiše kao najveći mogući gubitak u određenom vremenskom horizontu takav da postoji niska unaprijed određena vjerovatnoća da navedeni gubitak bude veći. Ako nivo povjerenja definišemo sa x i nivo gubitka sa L (mjereno pozitivnim brojem), tada će i VaR biti izražen kao pozitivan broj. Uopštena definicija VaR metrike se može odrediti kao najniži gubitak, u apsolutnoj vrijednosti, takav da vrijedi sledeća nejednakost:

$$P(L > VaR) \leq 1 - x \quad (1)$$

Grafički, VaR metrika predstavljena je na slici 1., gdje je dat primjer normalne raspodjela dobitaka/gubitaka koja je npr. specifična za tržišne rizike. U praksi, u zavisnosti od vrste rizika koji se mjeri navedena raspodjela može imati i drugačije oblike.

Slika 1. Grafički prikaz VaR metrike na primjeru normalno raspoređenih gubitaka



Izvor: [4], str. 7.

Postoje tri osnovna metoda mjerenja VaR metrike od kojih svaki ima određene prednosti i nedostatke [3]: delta-normalni metod, metod istorijske simulacije i metod Monte Carlo simulacije.

Delta-normalni metod pretpostavlja normalnu raspodjelu gubitaka, dok se istorijski metod zasniva na istorijskom razvoju događaja u pogledu nastanka gubitaka i spada u grupu neparametarskih metoda. Sa druge strane, kada su u pitanju klimatski rizici i rizici povezani sa životnom sredinom, normalna raspodjela gubitaka ne bi bila adekvatna pretpostavka. Takođe, zasnivanje modela isključivo na istorijskom razvoju događaja ne bi bilo adekvatno iz razloga što procjena budućih scenarija u pogledu razvoja klime zahtjeva u mnogo većoj mjeri orijentaciju ka budućnosti (forward-looking scenarios).

III. MOGUĆNOSTI PRIMJENE CVaR (CLIMATE VaR) METRIKE

Iako je VaR kao metoda za mjerenje rizika stara već više od 3 decenije i široko se koristi u finansijskom sektoru, mogućnosti primjene ove metrike se i dalje šire i identifikuju se nove oblasti primjene. Jedna od novih oblasti u kojoj se počinju razvijati specijalizovani modeli primjene VaR metrike jeste i oblast kvantifikacije klimatskih rizika.

Klimatski VaR ili CVaR bi se sasvim izvjesno morao zasnivati na modelima koji su okrenuti budućnosti i koji se zasnivaju na određenim procesima ili raspodjelama vjerovatnoća koje se koriste za procjenu gubitaka usled očekivanih (modeliranih) scenarija u pogledu razvoja klime. Međutim, postoje bitni faktori koji otežavaju kvantifikaciju klimatskih rizika, pa tako i primjenu VaR metrike u tom segmentu:

- Prepoznavanje klimatskih rizika i rizika povezanih sa životnom sredinom kao značajnih rizika u poslovanju finansijskog sektora je relativno novijeg datuma.
- Iskustvo finansijskog sektora u mjerenju ove vrste rizika nije bogato, a stepen izučenosti istih od strane akademske zajednice još uvijek je nizak.

- Klimatski rizici i uopšte ESG (*Environmental, Social, Governance*) rizici spadaju u red nisko standardizovanih vrsta rizika, kako u međunarodnim, tako i u regionalnim okvirima.
- Po svojoj prirodi klimatski rizici su heterogena grupa rizika, u okviru koje postoji mnogo različitih risk faktora i mnogo različitih kanala kojima navedeni risk faktori mogu uticati na druge vrste rizika. Primjera radi, u klimatske rizike spadaju i globalno zagrijavanje i olujni vjetrovi i suše i poplave i mnoge druge prirodne pojave koje mogu prouzrokovati ekonomske štete, a koje su međusobno prilično različite. Takođe, značajno je različit uticaj raznih vrsta klimatskih rizika u različitim regionima isl. Ako se tome doda i interakcija klimatskih rizika sa drugim rizicima i njihov uticaj na kreditni rizik, likvidnosni rizik, tržišni rizik, operativni rizik i sve druge vrste rizika, jasno je da se radi o prilično heterogenoj i kompleksnoj grupaciji rizika, čije mjerenje predstavlja značajan izazov.
- Dostupnost podataka potrebnih za modeliranje, odnosno kvantifikaciju klimatskih i rizika povezanih za životnom sredinom.

Pri modeliranju finansijskog uticaja klimatskih rizika, potrebno je posebno posmatrati fizičke, a posebno tranzicione rizike. Bazelski komitet za superviziju banaka [5] fizičke rizike definiše kao rizike koji proizlaze iz promjena u vremenu i klimi koje utiču na ekonomiju. Sa druge strane, pokretači tranzicijskih rizika nastaju kao rezultat tranzicije ekonomije koja se oslanja na fosilna goriva ka nisko karbonskoj ekonomiji. Obje ove kategorije klimatskih rizika su međusobno prilično različite, a i svaka od njih je prilično heterogena, što dodatno usložnjava mjerenje ovih rizika. Navedeno implicira da je najbolji pristup da se svaka od ovih komponenti posebno kvantifikuje.

Za izračun CVaR metrike su potrebne drugačije pretpostavke nego što je to slučaj kada se računa VaR za druge vrste rizika. Prije svega, kod klimatskih rizika je potrebno imati u vidu dvije važne činjenice koje ih razlikuju od drugih vrsta rizika. Prvo, vremenski horizont u kojem se ovi rizici realizuju je značajno duži nego kod ostalih vrsta rizika (npr. prema Bazelskom okviru za kreditni rizik se uobičajeno uzima 1 godina, dok kod tržišnih rizika se posmatra 10-dnevni period). Drugo, kod klimatskih rizika je opravdano pretpostaviti da će nivo rizika sa protekom vremena rasti (globalno zagrijavanje, rast nivoa mora, ekstremne temperature isl.).

Navedene specifičnosti se moraju uzeti u obzir pri modeliranju CVaR metrike. U suprotnom nivo rizika kojem su finansijske institucije izložene bio bi potcijenjen. Implikacija navedenog jeste da pri izračunu CVaR metrike treba da se polazi od znatno dužeg vremenskog hiorizonta nego što je to slučaj kod ostalih vrsta rizika. U tom pogledu ne postoji neki opšteprihvaćeni standard, ali već u ovom momentu se može

zaključiti da različiti konsultanti specijalizovani za ESG rizike koriste vremenski horizont od oko 15 godina. Druga implikacija jeste da buduća scenarija u pogledu razvoja klimatskih rizika ne treba da se zasnivaju na istorijskim realizovanim događajima, već treba da respektuju očekivanja da će klimatski rizici u narednom periodu rasti. Dakle, scenariji mogu da se zasnivaju na Monte Carlo simulaciji ili nekim drugim modelima, ali moraju da budu zasnovani na stohastičkim procesima ili raspodjelama vjerovatnoće koje će navedeno uzeti u obzir. Drugim riječima, scenariji moraju da budu orjentisani ka budućnosti i parametri na kojima se zasnivaju oštrije postavljeni nego što to proizlazi iz istorijskog razvoja događaja.

Da bi se procijenio CVaR potrebno je definisati Monte Carlo algoritam koji će uzeti u obzir sve specifičnosti navedene vrste rizika u pogledu frekvencije (učestalosti) i ozbiljnosti (severity) događaja, kao i međusobne interakcije među subkategorijama klimatskih rizika.

Mjera rizika uobičajeno predstavlja proizvod vjerovatnoće i ozbiljnosti, tj.

$$\text{Rizik} = \text{Frequency} \times \text{Severity} \quad (2)$$

Poseban izazov jeste kako modelirati frekvencije, tj. vjerovatnoće nastanka događaja, i iznos gubitka u slučaju nastanka događaja. U tom kontekstu je bitno odrediti statistički proces ili raspodjelu vjerovatnoća koja najbolje opisuje dati rizik, odnosno njegovu vjerovatnoću i ozbiljnost.

Literatura koja se bavi ovim pitanjima je još uvijek u povoju, a stepen standardizacije vrlo nizak. Često se u dostupnim izvorima autori bave pojedinim segmentima klimatskih rizika, kao što su udari vjetra, globalno zagrijavanje, suše, poplave isl. Npr. Koh [6] sugeriše da je za modeliranje brzine vjetra najpreciznije koristiti Weibull-ovu raspodjelu. Druge raspodjele su, prema autoru, takođe moguće, ali ne uspijevaju da opišu opservacije dovoljno dobro kao navedena raspodjela. Međutim, vjetar je samo jedan od mnogo podkategorija klimatskog rizika i ne znači da je istu raspodjelu pogodno koristiti za ostale podrizike u okviru klimatskog rizika, a što i jeste glavni uzrok kompleksnosti mjerenja klimatskih rizika. Iako se u tom kontekstu pojavljuju određeni radovi ([2], [7], [8] i [9]), značajniji iskoraci u literaturi koja se bavi kvantifikacijom klimatskih rizika i ESG rizika uopšte se mogu očekivati u budućnosti.

Korištenje CVaR metrike nije ograničeno samo na aktivu. Metodologija CVaR koju je inicijalno razvila konsultantska firma Carbon Delta [10] omogućava računanje CVaR metrike za tržišnu vrijednost preduzeća, dug ili akcijski kapital, što se u optem obliku može predstaviti sledećim formulama:

$$CVaR_{\text{enterprise}} = \frac{\text{Present value of climate costs or profits}}{\text{Market value of enterprise}} \quad (3)$$

$$CVaR_{\text{equity}} = \frac{\text{Equity climate costs/profits}}{\text{Market value of equity}} \quad (4)$$

$$CVaR_{debt} = \frac{\text{Debt climate costs/profits}}{\text{Market value of debt}} \quad (5)$$

Takođe, imajući u vidu podjelu na tranzicione i fizičke rizike, moguće je definisati dvije posebne mjere rizika, koje u stvari predstavljaju specijalne slučajeve CVaR metrike: klimatski tranzicioni VaR (CTVaR) i fizički klimatski VaR (PCVaR).

CTVaR je mjera tranzicionih rizika i mjeri očekivane promjene dnevnih cijena aktiva koje su posljedica tranzicije ka „net zero“ ekonomiji, a koje su uzrokovane politikom, regulativom, tehnologijom i preferencijama potrošača.

Sa druge, strane PCVaR u fokusu ima mjerenje fizičkih rizika, odnosno negativnog uticaja klimatskih rizika na vrijednost aktive, odnosno portfolia finansijskih insitucija.

IV. ZAKLJUČAK

Klimatski rizici i rizici povezani sa životnom sredinom spadaju u prilično heterogenu grupaciju rizika i prakse upravljanja i kvantifikacije ove vrste rizika su nisko standardizovane. U dosadašnjoj praksi se pojavljuje nekoliko metoda za mjerenje navedene vrste rizika (skor ili rejting klimatskog rizika, scenario analiza, stres testiranje klimatskih rizika i analiza osjetljivosti, analiza prirodnog kapitala i CVaR - Climate Value-at-Risk).

U ovom radu se analiziraju mogućnosti primjene metoda koji se zasnivaju na proširenju koncepta VaR metrike na klimatske rizike (klimatski VaR - CVaR). Iako se VaR kao metrika pojavio prije 30-ak godina, metodi koji proširuju ovaj koncept na segment kvantifikacije klimatskih rizika su novijeg datuma i još uvijek u ranoj fazi razvoja.

Imajući u vidu da se primjena VaR metrike u svrhu kvantifikacije klimatskih rizika i rizika povezanih sa životnom sredinom primjenjuje od nedavno, stepen standardizacije u ovom segmentu je nizak. Međutim, ono što se u dosadašnjoj praksi i naučnim istraživanjima iskristalisalo jeste sledeće:

- 1.) Prilikom generisana scenarija za Monte Carlo simulaciju potrebno je imati fokus na budućnosti (*forward-looking scenarios*), što isključuje korištenje scenarija koji koriste obrazac razvoja klime u prošlosti. Navedeno znači, da je potrebno buduće scenarije u pogledu razvoja klime modelirati na način da isti uvažavaju očekivanja da će se klimatske prilike pogoršavati, a ne ostati na istom nivou (globalno zagrijavanje, ubrzanje rasta nivoa mora, izduvni gasovi isl.).
- 2.) Prilikom generisanja scenarija u pogledu budućeg razvoja klime nije pogodno koristiti normalnu raspodjelu, koja predstavlja dobru aproksimaciju kada se modeliraju tržišni rizici, ali nije primjenljiva kod klimatskih rizika. Imajući u vidu heterogenost grupacije klimatskih rizika, za različite podkategorije

u ovoj grupaciji moguće je koristiti različite raspodjele vjerovatnoće. Primjera radi, za jačinu vjetra se najčešće koristi Weibull-ova raspodjela.

- 3.) Vremenski horizont za izračun VaR metrike u slučaju klimatskih rizika i rizika povezanih sa životnom sredinom je potrebno postaviti tako da obuhvata značajno duži vremenski opseg, imajući u vidu da se klimatski rizici realizuju postupno i imaju negativne konsekvence u znatno dužem vremenu periodu. Stoga se u praksi već pojavljuju rješenja koja koriste CVaR sa vremenskih horizontom od oko 15 godina, što je znatno duže od uobičajenih 1 godinu za kreditni rizik ili 10 dana za tržišni rizik.

Primjena VaR metrike u segmentu klimatskih rizika i rizika povezanih sa životnom sredinom ima i ozbiljna ograničenja:

- 1.) Heterogenost navedene vrste rizika iste čini teško mjerljivim.
- 2.) Još uvijek oskudni podaci koji bi se mogli koristiti pri mjerenju.
- 3.) Nizak stepen harmonizacije navedene vrste rizika u međunarodnim okvirima.

LITERATURA

- [1] Basel Committee on Banking Supervision, 2021., "Climate-related financial risks – measurement methodologies". Available at BIS: <https://www.bis.org/bcbs/publ/d518.htm>
- [2] Dietz, Simon, Bowen, Alex, Dixon, Charlie, Gradwell, Philip, 2016. "Climate value at risk of global financial assets," *LSE Research Online Documents on Economics* 66226, London School of Economics and Political Science, LSE Library.
- [3] Jorion, Philippe, 2007., "Value-at-Risk, The New Benchmark for Managing Financial Risk", Third Edition, McGraw-Hill
- [4] GARP, 2022., "FRM Exam, Part I, Valuation and Risk Models", Pearson
- [5] Basel Committee on Banking Supervision, 2021. a, "Climate-related risk drivers and their transmission channels". Available at BIS: <https://www.bis.org/bcbs/publ/d517.pdf>
- [6] Tieh-Yong Koh, 2015., "Statistical Distributions and Climate Change", *Procedia IUTAM, Volume 17*, 2015, Pages 53-58
- [7] Desnos, Baptiste and Le Guenedal, Théo and Morais, Philippe and Roncalli, Thierry, 2023., "From Climate Stress Testing to Climate Value-at-Risk: A Stochastic Approach". Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4497124> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4497124>
- [8] Lu Yang, Haifeng Xu, 2021., "Climate value at risk and expected shortfall for Bitcoin market", *Climate Risk Management, Volume 32*, 2021
- [9] Laura C. Dawkins, Dan J. Bernie, Jason A. Lowe, Theodoros Economou, 2023., "Assessing climate risk using ensembles: A novel framework for applying and extending open-source climate risk assessment platforms", *Climate Risk Management, Volume 40*, 2023, 100510
- [10] UNEP Finance Initiative, 2019., "Changing Course – A comprehensive investor guide to scenario-based methods for climate risk assessment, in response to the TCFD"