

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Majandusteaduskond

Andres Rästas

**Portfelliteooria rakendamine investeerimisportfelli hindamisel,
kaasates AI-sektori ettevõtteid**

Bakalaureusetöö

Õppekava ärindus (TABB), peeriala äriahandus

Juhendaja: Kalle Ahi, MA

Tallinn 2024

Deklareerin, et olen koostanud lõputöö iseseisvalt ja olen viidanud kõikidele selle koostamisel kasutatud teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele, ning ei ole esitanud sama tööd varasemalt ainepunktide saamiseks.

Töö pikkuseks on 6019 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Andres Rästas

(kuupäev)

SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE	4
SISSEJUHATUS	5
1. AI-SEKTORI JA PORTFELLITEORIA ÜLEVAADE.....	7
1.1. AI tutvustus, selle areng ja mõju	7
1.2. Portfelliteooria mudelid.....	10
1.2.1 Markowitzi mudel	11
1.2.2 Riski-pariteedi mudel	12
2. ANDMED JA METOODIKA	14
2.1. Finantsturu andmete kogumine	14
2.2 Ettevõtete valik.....	16
3. AKTSIAPORTFELLIDE KOOSTAMINE.....	20
3.1 Harry Markowitzi mudeliga aktsiaportfelli koostamine.....	20
3.2 Riskipariteedi mudeli kasutamine aktsiaportfelli arvutamiseks	25
3.3 Analüüsi järeldused	28
KOKKUVÕTE	30
SUMMARY	32
KASUTATUD ALLIKATE LOETELU	34
LISAD	36
Lisa 1. Aktsiate päevane keskmine tootlus, standardhälve ja Sharp'i suhtarv	36
Lisa 2. Erinevate portfelli aktsiate osakaal	37
Lisa 3. Lihtlitsents	39

LÜHIKOKKUVÕTE

Bakalaureusetöö keskendub portfelliteooria rakendamisele aktsiaturul, erilise tähelepanu all on AI sektori ettevõtted. Töö eesmärgiks on integreerida analüüsi abil valitud AI ettevõtted, mis demonstreerivad kasvuvõimalusi, koos S&P 500 indeksi 20 juhtiva firma aktsiaportfelliga. Selline lähenemine tagab portfelli innovatiivsuse ja stabiilsuse. Portfelli koostamiseks kasutatakse Harry Markowitzi ja riskipariteedi mudeleid, mis aitavad kujundada erinevate riski-tulu profiilidega portfelle. Uurimistöö eesmärk on leida vastuseid sellele, kuidas investorid saavad portfelliteooriat efektiivselt rakendada, arvestades AI mõju kasvavat rolli maailmaturul ning kuidas AI sektori aktsiad mõjutavad investeerimisportfelli oodatavat tootlust ja riskitaset. Antud lõputöös jõutakse järeldusele, et hoolimata AI sektori märkimisväärsest kasvust ja potentsiaalset, on traditsioonilised suured ettevõtted, nagu need S&P 500 nimekirjas, endiselt dominantsemad investeerimisvalikud. Valitud ettevõtetest ainult üks sobis oma tootluse ja riskiga erinevatesse investeerimisportfellidesse. Autor tõdeb, et AI-sektori ettevõtted ei pruugi olla alati parimad investeerimisvõimalused vaatamata viimase aja suurele populaarsusele ja kasvule. Töö rõhutab, et portfelliteooria rakendamine globaalses kontekstis nõuab pidevat kohandamist ja riskide haldamist, arvestades finantsturgude ettearvamatut iseloomu. Tuleviku majanduslike seisude prognoosimine on keeruline, mistõttu tuleks investoritel pidevalt kohandada oma strateegiaid vastavalt turu muutustele. Autor soovib jätkata uuringuid AI tehnoloogiate mõju kohta majandusele ja investeringutele, et paremini mõista ja rakendada portfelliteooriat tuleviku investeerimisstrateegiates.

Võtmesõnad: AI, tehisintellekt, väärtpaberiportfell, investeerimisportfelli juhtimine, Markowitzi mudel, riski-pariteedi mudel, fundamentaalanalüüs.

SISSEJUHATUS

Ajastut, mida iseloomustavad kiired tehnoloogilised edusammud ja globaalsed majanduslikud nihked, saadavad olulised muutused investeerimismaastikul. Tehisintellekti (AI) esiletõus on põhjalikult muutnud mitmeid tööstusharusid ja laiendanud oma mõju ülemaailmsel turul. AI-sektor, mida iseloomustab selle innovaatilised lahendused ja kiire kasv, pakub investoritele ainulaadset võimalust, kuid võimalusega kaasneb ka risk. Traditsioonilised investeerimisstrateegiad ei pruugi olla varustatud selle sektori keerukuse ja volatiilsusega toimetulekuks. Seetõttu on tungiv vajadus arendada ja täiustada investeerimisstrateegiaid, mis suudavad ära kasutada AI-sektori potentsiaali, vähendades samal ajal sellega seotud riske.

Globaalne turg on tohutult suur ja mitmekesine, pakkudes arvukalt investeerimisvõimalusi. Kuid selle külluse keskel seisneb väljakutse portfelli loomises, mis võimaldaks maksimeerida tootlust, samal ajal hoides riske kontrolli all. Traditsioonilised investeerimisstrateegiad on sageli tuginenud kindlaks kujunenud turuindeksitele, nagu näiteks S&P 500, et ehitada oma portfelli. Kuid kuna turg areneb, tekib ka vajadus uute lähenemisviiside järele portfellihalduses.

See lõputöö käsitleb portfelliteooria rakendamist, keskendudes eriti AI-sektoris tegutsevatele ettevõtetele. Antud töös valitakse analüüsi abil välja AI ettevõtted, mis näitavad kasvupotentsiaali. Lisaks valime portfelli 20 kõige suurema osakaaluga ettevõtet S&P 500 indeksist. See kombinatsioon tagab meie portfellis uuenduslikkuse ja stabiilsuse.

Selle portfelli koostamiseks kasutame kahte tuntud mudelit: Markowitzi mudelit ja riskipariteedi mudelit. Mõlemad pakuvad ainulaadset vaadet riski ja tulu kohta, võimaldades meil genereerida erineva riski ja tulu suhtega portfelle. Selle analüütilise teekonna kaudu püüame vastata keskele uurimisküsimusele: Kuidas saavad investorid kasutada portfelliteooriat, et saavutada optimaalsed tulemused, mida üha enam mõjutab AI?

Käesoleva lõputöö eesmärk on rakendada portfelliteooria mudeleid, keskendudes tehisintellekti (AI) sektori potentsiaalile. Töö osaks on analüüsida AI-sektori ettevõtteid ning valida välja sellised, mis pakuvad parimat riski ja tootluse suhet. Selline lähenemine võimaldab optimaalselt koostada investeerimisportfelle, kasutades Markowitzi mudelit ja riskipariteedi mudelit. Eesmärgi saavutamiseks püstitatakse järgmised uurimisküsimused:

- Kuidas saab portfelliteooriat rakendada AI-sektori ettevõtete analüüsimiseks?
- Millised analüüsi meetodid on kõige tõhusamad AI-sektori ettevõtete potentsiaali hindamisel?
- Kuidas mõjutavad analüüsil põhinevad valikud AI-sektori ettevõtete investeerimisportfelli riski-tulu suhet?
- Millised on Markowitzi ja riskipariteedi mudeli eelised ning?
- Kuidas koostada optimaalne investeerimisportfell, kasutades Markowitzi ja riskipariteedi mudeleid, et maksimeerida tootlust erinevate riskitasemete juures?

Lõputöö on jaotatud kolmeks osaks. Esimeses osas antakse ülevaade AI arengust ja mõjust. Lisaks kirjeldatakse Markowitzi ja riski-pariteedi mudeleid ning võrreldakse neid omavahel. Teises peatükis on fookus andmete ja meetodika selgitamisel. Hankides ajaloolisi andmeid S&P 500 kohta ja analüüsides AI-sektori ettevõtteid. Töö kolmandas osas rakendatakse Markowitzi ja riskipariteedi mudeleid eelnevalt valitud ettevõtete andmete baasil, et koostada erinevad portfellid. Abivahendina kasutatakse MS Exceli Solver funktsiooni. Seejärel analüüsitakse saadud tulemusi, et leida vastavalt investori riskitaluvusele sobilikud portfellid. Lisaks leitakse ka efektiivsuspiir, mille abil on investoril võimalik valida vastava riskitasemega portfelli.

1. AI-SEKTORI JA PORTFELLITEOORIA ÜLEVAADE

Vaadates Google Trends'i andmeid sõna "AI" otsingute kohta, on selge, et AI on saanud üheks populaarseimaks teemaks internetis. Alates 2023 aasta algusest kuni 2023. aasta juunini on otsingute aktiivsus plahvatuslikult kasvanud, mis näitab inimeste suurt huvi ja teadlikkust selle tehnoloogia vastu. Aktiivsus ei ole hääbunud, vaid on püsinud kõrgel tasemel, mis viitab sellele, et AI ei ole mööduv trend, vaid pikaajaline mõjutaja. (Loureiro et al., 2021)

AI areng on viimastel aastatel teinud läbimurdelisi edusamme, ulatudes paljudesse sektoritesse, kuid eriti märkimisväärne on olnud selle mõju finantssektorile. AI on muutunud keskseks tööriistaks andmete analüüsimisel, tekstide ning piltide genereerimisel ja investeerimisotsuste tegemisel. Tänu keelemudelite ja muude arenenud AI-tehnoloogiate kasutuselevõtule on AI-ga tegelevate firmade aktsiad investorite hulgas kõrgelt hinnatud, kuna neis nähakse suurt kasvupotentsiaali. Paljud investorid otsivad võimalusi oma portfelli optimeerimiseks, lisades sinna just neid AI-tehnoloogiaga tegelevaid ettevõtteid, mis võivad pakkuda kõrgemat tootlust. (Henriksson, 2022)

1.1. AI tutvustus, selle areng ja mõju

AI idee, mis oli populaarkultuuris tuntud juba 20. sajandi algusest, sai teaduslikku kinnitust 1950. aastateks, kui Alan Turing ja teised teadlased uurisid selle matemaatilist teostatavust. Turingu 1950. aasta töö "Computing Machinery and Intelligence", milles ta tutvustas Turingi testi, pakkus välja, et masinad võiksid inimeste eeskujul informatsiooni kasutades probleeme lahendada. Kuigi varased arvutid olid oma võimete poolest piiratud ja AI uurimine oli kallis, määratles Turingi test, mida tuntakse ka "Imitatsioonimänguna", masina võime jäljendada inimlaadset teadvuslikku käitumist läbi juhusliku vestluse ja konteksti mõistmise. Turingi töö, mis arutas ka Turingi testi kehtivuse vastuväiteid nagu mälu piirangud ja "Preisi Lovelace'i vastuväide", et masinad ei suuda genereerida uusi ideid, kujunes AI teadusuuringute alustalaks. (Rockwell, 2017; McGuire et al., 2006)

Tänaseks on paljud erinevad AI programmid suutnud inimkäitumist edukalt jäljendada. Neid nimetatakse „suurteks keelelisteks mudeliteks“, mida arendavad paljud suurimad tehnoloogia firmad nagu näiteks Google, Facebook ja OpenAI. Nüüdseks on enamasti juba liigunud edasi Turing testist uute testide juurde nimelt „General Language Understanding Evaluation“ (GLUE) ja „Stanford Question Answering Dataset“ (SQuAD). (Oremus, 2022)

AI areng, eriti süvaõppe ja närvivõrkude valdkonnas, on viimastel aastatel toonud kaasa olulisi tehnoloogilisi uuendusi nagu pildi- ja kõnetuvastus, mis on muutunud igapäevaelu lahutamatuks osaks. AI integreerimine äritegevustesse on laiendanud selle mõju otsustusprotsessidele, luues olulisi, kuigi järk-järgulisi muutusi tööturu struktuuris. Näiteks, teatud ametid nagu kesktaseme tarkvaraarendajad, juristiabid, andmeanalüütikud ja finantsnõustajad seisavad silmitsi automatiseerimisest tuleneva väljasuremisohuga. Samas loob AI uusi töökohti, mis nõuavad kõrgemat tunnetuslikku panust. AI mõjutab sügavalt ka turundust, võimaldades ulatuslikult personaliseeritud kliendikaasamist ja täpsemaid müügiprognoose. Selle mõju majandusele on ulatuslik, nõudes tööjõult kohanemist uute tehnoloogiliste nõudmistega ja loob uusi võimalusi ettevõtete strateegiliseks arenguks. (Haenlein et al., 2019; Bughin et al., 2018)

Teine uurimisvaldkond keskendus ettevõtte väärtuse mõjule, kui tehakse investeeringuid AI-sse. Liu et al. (2022) uuring analüüsis ettevõtete uudiseid seoses AI investeeringutega ja nende järgnevaid turureaktsioone. Uuring, mis piirdus USA börsil noteeritud aktsiatega, leidis, et keskmine turureaktsioon AI rakendamise teadaandele oli -1,77%, viidates ettevõtte väärtuse langusele. See uuring viitab, et kuigi AI kasutuselevõtul võib olla operatiivseid eeliseid, võivad finantsturud neid investeeringuid tajuda teisiti, kuna AI investeeringud üldjuhul nõuavad suurt finantsvõimekust ja tavaliselt kasumisse jõutakse alles pika aja möödudes. Siiski on oluline märkida, et reaktsioonid AI investeeringutele võivad varieeruda. (Henrikson et al., 2022) Kuna see uuring tehti 2022 ja plahvatuslik AI kasv algas alles 2023 aasta alguses, siis nüüdseks võivad asjaolud olla hoopis teisiti, kus AI investeeringu või kasutuselevõtu uudis mõjutab ettevõtte väärtust positiivselt, mida on ka näha tehnoloogia ettevõtete aktsiaväärtuse plahvatuslik kasvust viimasel ajal.

2023. aastal on avalikku teadvusesse esile kerkinud märkimisväärsed mured AI võimalike riskide pärast, hoiatustega tehnoloogiajuhtidelt, akadeemikutelt ja meediaväljaannetelt potentsiaalse ohu osas inimkonnale. See kõrgenenud teadlikkus on suuresti seotud generatiivse AI, eriti muusika- ja

pildiloomise arengutega, mis ilmutavad inimlaadset mõistmist ja reageerimisvõimet. Kuigi suhtlemine arenenud AI mudelitega nagu ChatGPT võib mõnikord tunduda nagu suhtlemine teadvusliku olendiga, jääb neil siiski puudu tõeline mõistmine. Hoolimata liialdatud hirmudest peatse AI poolt juhitud apokalüpsise ees, esitab AI tõelisi väljakutseid, sealhulgas vale informatsiooni levitamine, privaatsusega seotud mured, eelarvamuste võimendamine, pahatahtlik kasutamine, eetilised dilemmad ja majanduslikud häired. Siiski on need riskid hetkel hallatavad ja neid saab leevendada parema mõistmise ja kohandumisega areneva digitaalse maastikuga. Kuna AI muutub ühiskonnas üha integreeritumaks, nihkub fookus sellele, kuidas neid tehnoloogiaid saaks kasulikult siduda ilma olemasolevaid ebavõrdsusi süvendamata. (Tredinnick et al., 2023)

AI algoritmid on muutnud finantsmaailma, võimaldades reaajas töödelda massiivseid andmekogumeid ja teostada efektiivseid kauplemisotsuseid. Need algoritmid suudavad ületada traditsiooniliste aktsiaanalüüsi meetodite piiranguid, tuvastades mustreid ja kapitaliseerides turu ebatõhususi, mis aitab investoritel paremini hinnata turutrende, jälgida ettevõtte tulemuslikkust ja hallata riske. AI kasutamine algoritmilises kauplemises, tuntud ka kui kvantitatiivne kauplemine, on kiirendanud tehinguid ja parandanud riskijuhtimist, muutes selle populaarseks valikuks institutsionaalsete investorite ja riskifondide seas. (Ligon 2023)

Firmad, mis arendavad erinevaid AI-ga seotud programme on viimase aasta jooksul meeletu kiirusega investorite huvi sihtpunktiks saanud. Vaadates viimase aasta (1Y) graafikuid erinevate IT firmade aktsiate kohta, siis on näha tugevat kasvutrendi. Tabelis nr 1 on toodud erinevate AI sektori ettevõtete viimase aasta aktsia hinnatootlus.

Tabel 1. Aktsiate hinnatootlus perioodil 17 aprill 2023 kuni 16 aprill 2024.

Aktsia	Tootlus(%)
NVIDIA Corporation (NVDA)	223,84%
Meta Platforms, Inc. (META)	128,59%
Advanced Micro Devices (AMD)	81,88%
Alphabet Inc. Class A (GOOGL)	45,70%
Microsoft Corporation (MSFT)	44,73%

Allikas: Yahoo Finance, autori arvutused

Turu tootlus samal perioodil oli 21,68% vaadates S&P500 (^GSPC) indeksit. Loomulikult see võib olla hetkel tugevalt ülehinnatud turg ja korrektsioonid on veel ees ootel, aga hetkel investorid panustavad väga tugevalt AI arengule.

AI tulevik on ebakindel, sisaldades potentsiaalseid kasusid ja väljakutseid. Eetilised kaalutlused, eriti stsenaariumides nagu „Trolli Probleem“, muutuvad reaalseks dilemmadeks. On vajadus hoolikalt läbimõeldud regulatsioonide ja tasakaalustatud lähenemise järele, et kasutada AI võimsust, samal ajal kaitstes ühiskondlikke väärtusi. (Haenlein et al., 2019)

AI toob fundamentaalanalüüsi kontekstis kaasa uued dimensioonid, mis nõuavad ettevõtete finants- ja operatiivtulemuste ning tööstusharu dünaamika põhjalikumat hindamist. AI mõjutab ettevõtete kulustruktuuri ja tuluvooge, tuues esile vajaduse analüüsida nii tehnoloogilisi investeeringuid kui ka nende pikemaajalist mõju kasumlikkusele. Samuti on oluline jälgida, kuidas AI tehnoloogiad muudavad konkurentsimaastikku ja turunõudlust, mis võib pakkuda ettevõtetele konkurentsieelist. Lisaks tuleb arvestada majandusliku konteksti ja regulatiivsete muutustega, mis võivad mõjutada AI projektide kasutuselevõttu ja efektiivsust. Eetilised ja sotsiaalsed kaalutlused on samuti kriitilise tähtsusega, kuna need võivad mõjutada ettevõtte mainet ja regulatiivset vastavust. Seega peavad fundamentaalanalüütikud pidevalt uuendama oma teadmisi AI tehnoloogiast, et mõista nende mõju ettevõtte strateegiatele ja majandustulemustele, tagades sellega põhjaliku ja ajakohase analüüsi. (Brynjolfsson & McAfee, 2014; Davenport & Ronanki, 2018)

1.2. Portfelliteooria mudelid

Markowitz'i portfelliteooria, tuntud kui modernne portfelliteooria, rõhutab, et investeerimisel tuleb arvestada mitte ainult varade oodatava tootluse ja riskiga, vaid ka nende vaheliste korrelatsioonidega, mis võivad oluliselt mõjutada portfelli koguriski. Portfelli riski haldamisel kasutatakse keskmise variatsiooni optimeerimise meetodit, kuid see võib olla keeruline tänu subjektiivsetele hinnangutele ja ajaloolistele andmetele, mis võivad olla eksitavad eriti paradigma nihkete korral turul. (Edwin et al., 1997)

Alternatiivina pakub riski-pariteedi mudel lähenemist, mis jaotab riski võrdselt portfelli erinevate varade vahel, vähendades üksikute varade domineerimist ja suurendades portfelli stabiilsust. Kuigi see mudel võib tekitada liigset kokkupuudet madala tootlusega varaklassidele, hindavad paljud spetsialistid selle mitmekesisdamise ja proaktiivse riskijuhtimise lähenemist, eriti pikaajalistes investeerimisstrateegiates. Need mudelid on olulised vahendid investeerimisportfellide

optimeerimiseks, võimaldades investeerijatel hallata riske ja optimeerida tootlust vastavalt turutingimustele. (Maillard et al., 2010)

1.2.1 Markowitzi mudel

Markowitzi portfelli optimeerimise mudel on oluline tööriist riski ja tootluse juhtimisel investeerimisportfellides. Selle mudeli töötas välja Harry Markowitz 1952. aastal ja see pälvis hiljem ka Nobeli majandusauhinna. Mudeli peamine eesmärk on aidata investoritel koostada selliseid investeerimisportfelle, mis maksimeerivad oodatavat tootlust antud riskitaseme juures või minimeerivad riski antud tootluse taseme juures. (Markowitz, 1952)

Mudeli matemaatiline sihifunktsioon võib olla kas oodatava tootluse maksimeerimine või portfelli riski minimeerimine. Riski minimeerimine hõlmab portfelli variatiivsuse või volatiilsuse minimeerimist, mis arvutatakse portfelli tootluste kovariatsioonide abil. Tootluse maksimeerimiseks kasutatakse valemit

$$\max (\sum_{i=1}^n r_i x_i) , \quad (1)$$

kus r_i on vara i oodatav tootlus ja x_i on vara i osakaal portfellis. Riski minimeerimiseks kasutatakse valemit

$$\min (\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij}) , \quad (2)$$

kus σ_{ij} on kahe vara i ja j tootluste kovariatsioon ja x_i, x_j on vastavate varade osakaalud portfellis. (Elton, Gruber, Brown, & Goetzmann, 2014)

Lisaks peab mudel sisaldama teatud piiranguid, mis tagavad realistliku ja praktilise investeerimisstrateegia. Eelarve piirang

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1 \quad (3)$$

tagab, et kõik investeeringud summeeruvad sajale protsendile, mis tähendab, et kogu kapital on jaotatud. Mitte-negatiivsuse piirang

$$x_i \geq 0 \quad \forall i \quad (4)$$

väljastab negatiivsed investeeringud ehk lühikeseks müügi, kui mudel seda ei luba. (Miller, 2012)

Mudeli rakendamiseks kasutatakse sageli ruutplaneerimist ja Lagrange'i kordajaid, et lahendada see optimeerimisprobleem. Need matemaatilised vahendid aitavad leida varade optimaalsed osakaalud, mis vastavad sihifunktsioonile ja piirangutele. Mudeli praktiline rakendamine nõuab

täpsete ja ajakohaste andmete kasutamist ning pidevat ülevaatamist ja kohandamist vastavalt turutingimustele. (Campbell, Lo, & MacKinlay, 1997)

Markowitz'i portfelliteooria pakub tugevat teoreetilist raamistikku investeerimisportfellide optimeerimiseks, aidates investoritel teha teadlikumaid otsuseid, et optimeerida riski ja tootluse suhet. Kuigi see mudel on finantsmaailmas laialdaselt tunnustatud ja toimib investeerimisportfelli haldamise alustalana, on oluline mõista ka selle piiranguid. Mudel eeldab efektiivse turu hüpoteesi kehtivust, mis tegelikkuses ei pruugi alati paika pidada, ning ei arvesta maksude ja tehingutasudega, mis võivad oluliselt mõjutada portfelli tootlust. Seetõttu võivad kriitikud osutada vajadusele kohandada ja täiendada seda mudelit, et see vastaks paremini reaalse turutingimuste ja majandusliku käitumise mitmekesisusele. (Markowitz, 2014)

1.2.2 Riski-pariteedi mudel

Riskipariteedi mudel portfelli halduses on uuenduslik lähenemine, mis püüab jaotada kapitali portfelli varaklassidele nende antava riskipanuse alusel, erinevalt traditsioonilistest meetoditest, mis keskenduvad oodatava tootluse maksimeerimisele antud riskitasemel. Erinevalt keskmise variatsiooni optimeerimise mudelist (*Mean-Variance Optimization*), mida Harry Markowitz esitles ja mis otsib tootluse ja riski optimaalset kombinatsiooni, keskendub riskipariteedi mudel riskipanuste võrdsustamisele portfellis, et vähendada liigset sõltuvust üksikutest varadest ja nende spetsiifilistest tururiskidest. (Jurczenko, 2015; Qian, 2015)

Riskipariteedi mudeli matemaatiline raamistik põhineb iga vara riskipanusel (Marginal Risk Contribution, MRC) ja eesmärgiks on, et kõik varad panustaksid võrdselt portfelli üldisesse riski. See arvutatakse iga vara kaalu ja selle marginaalse riskipanuse korrutisena:

$$RC_i = w_i \times MRC_i = w_i \times \frac{\partial \sigma_p}{\partial w_i}, \quad (5)$$

kus σ_p on portfelli risk (standardhälve) ja w_i on vara i osakaal portfellis. Riskipariteedi tingimus nõuab, et kõigi varade riskipanused RC_i oleks võrdsed, mis tähendab, et ükski varaklass ei domineeri portfelli riskiprofiilis. (Smith, 2020)

See lähenemine loob sageli rohkem mitmekesisustatud portfelli, võrreldes traditsiooniliste meetoditega, mis võivad üle kaaluda kõrge tootlusega üksikuid varasid nagu aktsiad. Mitmekesisustamine ja võrdne riskijaotus võivad aidata portfelliga saavutada stabiilsemat tootlust läbi erinevate turuolukordade, vähendades samas portfelli üldist volatiilsust. (Smith, 2020) Näiteks

Clarke, de Silva ja Thorley (2013) ning Asness, Frazzini ja Pedersen (2012) on näidanud, et riskipariteedi mudel võib pakkuda stabiilsemat tootlust ja paremat riskikontrolli eriti turbulentsel turul.

Kriitikud aga väidavad, et riskipariteedi mudel võib tekitada liigset kokkupuudet madala tootlusega varaklassidele, nagu võlakirjad madala intressimääraga keskkondades. Siiski peavad paljud investeerimisspetsialistid mudeli rõhku mitmekesistamisele ja proaktiivsele riskijuhtimisele väärtuslikuks, eriti pikaajaliste investeerimisstrateegiate puhul. (Ang, 2014)

Oluline on mõista riskipariteedi mudeli aluseks olevaid eeldusi ja võimalikke piiranguid ning arvestada seda laiemas investeerimisstrateegiate kontekstis, võttes aluseks individuaalsed investeerimise eesmärgid ja riskitaluvuse. Mudeli efektiivsus sõltub ka turu tingimuste pidevast hindamisest ja kohandamisest, tagamaks, et portfelli struktuur vastab muutuvatele turutingimustele. Empiirilised uuringud nagu Fonseca, Rustem ja Ziemba (2014) ning Maillard, Roncalli ja Teiletche (2010) on demonstreerinud riskipariteedi mudeli praktilist rakendatavust ja selle võrdlemist teiste strateegiatega, näidates selle efektiivsust mitmekesistamise ja riski jaotamise osas.

2. ANDMED JA METOODIKA

2.1. Finantsturu andmete kogumine

Selles bakalaureusetöös võetakse kasutusele S&P 500 indeksi 20 kõige suurema osakaaluga ettevõtet ning lisaks otsitakse potentsiaalseid börsil kauplemaid AI sektori ettevõtteid, mida lisada nimekirja. Mõõdetavaks ajaperioodiks indeksil ja aktsiatel on valitud 17.04.2019 kuni 16.04.2024. Indeksi valiku osas sai otsustatud S&P 500 (^GSPC) poolt populaarsuse ja tulususe tõttu võrreldes näiteks *Vanguard Total World Stock Index Fund ETF Shares (VT)* või *STXE 600 PR.EUR* ga (^STOXX). Valitud sai just 20 ettevõtet, et oleks mitmekesisem sektorite esindatus. Kuna 10 suurima osakaaluga ettevõtte hulgast 6 tegeleb AI arendamise, aktiivse kasutamise või toetamisega, oleks sellest saanud liiga tehnoloogia sektori domineeriv portfell ning keeruline sektoririske hajutada. Autori arvates andis 20 ettevõtet piisava sektori varieeruvuse jättes portfelli arvuliselt hoomatavaks.

Ajavahemiku valikul sai lähtunud piisava pikkusega perioodiga ning võimalikult hilise lõppkuupäevaga, kuna AI areng on just viimastel aastatel olnud märgatavalt kiire. Perioodiks valiti 5 aastat lõppkuupäevaga 17.04.2024. Tabelis nr 2 on toodud S&P 500 suurima osakaaluga aktsiate osakaalud indeksis, arvutatud aastane keskmine tootlus viie aasta vältel ning viimase aasta tootlus. S&P 500 indeksi osakaalud on võetud ajahetkel 17 aprill 2024. Turu keskmine aastane tulusus sama perioodi vältel oli 11,74% vaadates S&P 500 indeksit. Tulusus on olnud kõrgem kui keskmiselt, vaatamata stressirohkele perioodile. 2020 aasta alguses saabunud Covid-19 kriis, pärast seda inflatsiooni taseme tõus ja lisaks veel laenu intresside tõus. Turu viimase 39 aasta keskmine tulusus aastas on 8,55%. Lisaks sai ära märgitud aktsiate beeta, mis näitab aktsia volatiilsuse suhet S&P 500 hinna kõikumisega. Positiivsed numbrid näitavad vastava aktsia samasuunalist hinnakõikumist võrreldes S&P 500 indeksile. Kui beeta väärtus on ühest suurem, siis see indikeerib suuremale volatiilsusele võrreldes indeksiga ehk siis ka suuremale riskile, kuid samas ka suuremale potentsiaalsele kasumile. Alla ühe viitab väiksemale riskile võrreldes S&P 500 indeksiga.

Tabel 2. Aktsiate osakaalud S&P 500 indeksis, tootlused perioodil 17.04.2019 kuni 16.04.2024 ja beeta

Aksia	Osakaal indeksis	Aasta keskmine tootlus (5Y)	Viimase aasta tootlus (1Y)	Beeta (5Y)
Microsoft Corporation (MSFT)	7,14%	29,03%	44,73%	0,88
Apple Inc. (AAPL)	5,76%	28,21%	3,06%	1,28
NVIDIA Corporation (NVDA)	4,62%	79,81%	223,84%	1,74
Amazon.com, Inc. (AMZN)	3,79%	14,48%	78,43%	1,16
Meta Platforms, Inc. (META)	2,55%	22,85%	128,59%	1,18
Alphabet Inc. Class A (GOOGL)	2,20%	20,02%	45,70%	1,05
Berkshire Hathaway Inc. (BRK.B)	1,73%	13,54%	22,59%	0,89
Eli Lilly and Company (LLY)	1,37%	47,25%	102,23%	0,37
JPMorgan Chase & Co. (JPM)	1,31%	12,90%	32,73%	1,12
Broadcom Inc. (AVGO)	1,30%	37,26%	116,04%	1,27
Exxon Mobil Corporation (XOM)	1,13%	13,45%	7,18%	0,96
UnitedHealth Group Incorporated (UNH)	1,06%	18,44%	-5,78%	0,56
Tesla, Inc. (TSLA)	1,05%	54,10%	-16,00%	2,44
Visa Inc. (V)	1,05%	11,84%	17,13%	0,95
The Procter & Gamble Company (PG)	0,90%	10,64%	5,87%	0,43
Mastercard Incorporated (MA)	0,90%	14,42%	24,08%	1,07
Johnson & Johnson (JNJ)	0,84%	3,63%	-10,13%	0,53
The Home Depot, Inc. (HD)	0,78%	12,86%	16,36%	0,98
Merck & Co., Inc. (MRK)	0,76%	15,61%	11,71%	0,40
Costco Wholesale Corporation (COST)	0,75%	26,04%	49,33%	0,76

Allikas: Yahoo finance, autori arvutused

Tootluste arvutamiseks on kasutatud kohandatud sulgemishindasid, mis võtab arvesse aktsiate jagunemisi ja dividendide väljamakseid. Viimase aasta tootluse protsendi pealt võib kaaluda aktsia ülehinnatust ning rakendada tagasihoidlikust, kuna riskitase võib kõrge olla nagu näiteks NVDA, META, LLY ja AVGO.

2.2 Ettevõtete valik

Lisaks eelnimetatud ettevõtetele valitakse AI sektori ettevõtteid portfelli juurde. Esimeseks kriteeriumiks on, et ettevõtte peab olema noteeritud aktsiaturul andes võimaluse üldse osta ja müüa ettevõtte osakuid ning noteeritud vähemalt 5 aastat, et saaks piisava koguse mineviku andmeid analüüsida. Kuna antud lõputööd huvitab AI sektor, siis see tõstab oluliselt sektoririski. Et seda vähendada, sai valitud 5 erinevat alamgruppi, mille alt valida 2 ettevõtet, saades kokku 10 lisa ettevõtet investeerimisportfelli nimekirja, pakkudes natuke suuremat mitmekesisust. Grupid on autor ise koostanud üritades silmas pidada AI olemust ja valdkondi. Alamgrupid sai jaotatud järgnevalt:

1. AI tarkvara arendus ja teenused

Selles kategoorias tegutsevad ettevõtted keskenduvad tarkvara arendamisele, mis kasutab AI erinevate rakenduste jaoks. Hõlmab algoritmide arendamist, mis parandavad masinõpet, ja teenuseid, mis kasutavad AI konkreetsete probleemide lahendamiseks, näiteks keele töötlemine, pildituvastus ja ennustav analüütika.

2. Pooljuhtide ja riistvara tootmine

See alamkategooria hõlmab ettevõtteid, mis kujundavad ja toodavad AI tehnoloogia jaoks olulisi komponente, nagu pooljuhid, protsessorid (kesk- ja graafikaprotsessorid) ning muud riistvara, mis on vajalik andmetöötluse ja tehislike võrkude jaoks.

3. Pilvetehnoloogia ja AI infrastruktuur

Selles valdkonnas tegutsevad ettevõtted pakuvad AI rakenduste alust läbi pilvetehnoloogia ressursside. Nad pakuvad platvorme, mis võimaldavad massilist andmete salvestamist, arvutusvõimsust ja võrgutöötluse võimekust, mis on vajalikud AI mudelite majutamiseks ja käivitamiseks.

4. Robootika ja automatiseerimine

Selles valdkonnas tegutsevad ettevõtted arendavad roboteid ja automatiseeritud süsteeme, mis hõlmavad AI-d, et täita ülesandeid, mis tavaliselt nõuavad inimintellekti. See hõlmab roboteid, mida kasutatakse tootmises, logistikas, tervishoius ja muudel tööstusharudel, kus saab täpsust, tõhusust ja ohutust suurendada. Need süsteemid ühendavad sageli andureid, andmeid ja masinõpet, et kohaneda uute olukordadega ja täita keerulisi ülesandeid autonoomselt.

5. Biotehnoloogia ja tervishoiu AI

Selles sektoris kasutatakse AI uurimise kiirendamiseks ja tervishoiuteenuste täiustamiseks. See võib hõlmata masinõppe kasutamist ravimite avastamiseks, genoomika ja personaalmeditsiini jaoks või AI integreerimist diagnostikavahenditesse ja meditsiinipildistamise seadmetesse. AI rakendamine biotehnoloogias ja tervishoius võimaldab suurendada täpsust, vähendada diagnoosimise aega ja kohandada ravimeetodeid vastavalt patsientide vajadustele.

Lisa kriteeriumina ei tohi antud ettevõtte olla S&P 500 kahekümne kõige suurema osakaaluga ettevõtte hulgas, kuna need on juba sisse arvestatud. Nendeks on: Microsoft, Apple, Nvidia, Meta, Googel ja Broadcom. Igasse kategooriasse sai otsitud viis erinevat ettevõtet, mille tegevust sai siduda vastava kategooria kirjeldusega. Tabelis 3 on toodud leitud ettevõtete viimase viie aasta keskmine aastane tootlus, viimase aasta tootlus ning beeta.

Tabel 3. Aktsiate tootlused perioodil 10.04.2019 kuni 09.04.2024 ja beeta

	Aksia	Keskmine aastane tootlus (5Y)	Viimase aasta tootlus (1Y)	Beeta (5Y)
Tarkvara	Salesforce.com Inc. (CRM)	12,86%	40,42%	1,28
	Adobe Inc. (ADBE)	11,33%	22,18%	1,27
	ServiceNow Inc. (NOW)	23,92%	62,47%	0,96
	Splunk Inc. (PLTR)	27,97%	153,03%	2,77
	Autodesk Inc. (ADSK)	4,73%	9,71%	1,42
Riistvara	Advanced Micro Devices (AMD)	42,44%	76,58%	1,63
	Micron Technology Inc. (MU)	20,51%	82,33%	1,28
	Lam Research Corporation (LRCX)	35,00%	93,82%	1,50
	Applied Materials Inc. (AMAT)	34,58%	65,81%	1,58
	Qualcomm Inc. (QCOM)	22,58%	28,15%	1,34
Infrastruktuur	Oracle Corporation (ORCL)	17,32%	26,26%	1,01
	IBM Corporation (IBM)	5,64%	39,14%	0,71
	Vmware Inc. (NET)	35,74%	42,35%	1,12
	Cisco Systems Inc. (CSCO)	-3,01%	-5,75%	0,85
	Arista Networks (ANET)	24,83%	53,95%	1,11
Robootika	Intuitive Surgical Inc. (ISRG)	14,65%	49,79%	1,38
	Rockwell Automation (ROK)	7,94%	-0,80%	1,43
	Omron Corporation (OMRNY)	-8,64%	-41,55%	1,07
	Fanuc Corporation (FANUY)	-6,25%	-18,75%	0,86
	Yaskawa Electric Corporation (YASKY)	1,79%	-7,37%	1,18
Biotehnoloogia	Thermo Fisher Scientific Inc. (TMO)	14,19%	-3,31%	0,80
	Danaher Corporation (DHR)	15,08%	9,60%	0,86
	Agilent Technologies Inc. (A)	10,39%	-3,84%	1,12
	Illumina Inc. (ILMN)	-17,79%	-23,24%	1,19
	Bio-Rad Laboratories Inc. (BIO)	-1,94%	-40,00%	0,88

Allikas: Yahoo finance, autori arvutused

Väljalituks osutusid järgmised ettevõtted vastavalt gruppidele:

1. Salesforce.com Inc. (CRM) ja ServiceNow Inc. (NOW)
2. Advanced Micro Devices (AMD) ja Lam Research Corporation (LRCX)
3. Arista Networks (ANET) ja Oracle Corporation (ORCL)
4. Intuitive Surgical Inc. (ISRG) ja Rockwell Automation (ROK)
5. Thermo Fisher Scientific Inc. (TMO) ja Danaher Corporation (DHR)

Kuna portfelli analüüs põhineb mineviku aktsiahinna andmetel, sai valik tehtud vaadates erinevate ettevõtete viimase viie aasta, kui ka viimase aasta aktsia hinna graafikuid. Valituks osutusid firmad, mille aktsia hinnatootlus oli suurim võrreldes teiste sama kategooria aktsiatega. Eranditeks jäid nimekirjast välja tarkvara kategooria Splunk Inc. (PLTR) ja infrastruktuuri kategooria VMware Inc. (NET), kuna nende aktsiate börsil kauplemise aeg jäi alla viie aasta.

3. AKTSIAPORTFELLIDE KOOSTAMINE

Käesolev uurimistöö keskendub Harry Markowitzi portfelliteooria ja riski-pariteedi mudeli praktilisele rakendamisele, eesmärgiga optimeerida investeerimisportfelli tootlust ja vähendada sellega seotud riske. Töö põhineb matemaatilisel ja statistilisel analüüsil, mis kasutab erinevate aktsiate ajaloolisi tootlusi. Järgnevalt kirjeldatakse üksikasjalikult empiirilise osa etappe, alustades andmete kogumisest ja lõpetades optimeerimisprobleemide lahendustega.

3.1 Harry Markowitzi mudeliga aktsiaportfelli koostamine

Analüüsi tarbeks on kogutud andmed eelnevalt nimetatud 30 erineva aktsia hinna muutustest Yahoo Finance veebilehelt. Kõikide väärtpaperite tootlused on mõõdetud päevapõhiselt läbi 5 aasta perioodi algusega 17.04.2019 kuni 16.04.2024. Andmeteks on võetud korrigeeritud sulgemishind, läbi mille on arvestatud dividendide jaotumistega ja aktsiate poolitamisega.

Esimese sammuna arvutatakse iga aktsia päevane tootlus. See leitakse jagades sulgemishinna eelmise päeva sulgemishinnaga ning lahutades 1. Järgmisena arvutatakse oodatavad tootlused ja standardhälbed, mis annavad meile ülevaate varade tootlikkusest ja volatiilsusest. Oodatava tootluse arvutamiseks võetakse kõikide päevade tootluste keskmine. Riski ehk volatiilsust mõõdetakse standardhälbe abil. Standardhälbe arvutamiseks iga aktsia jaoks kasutatakse Microsoft Exceli funktsiooni *stdev.s*, mille valimiks võetakse antud aktsia päevased tootlused. Aktsiate keskmised tootlused ja standardhälbed on ära toodud lisas nr 1.

Kovariatsiooni maatriksi arvutamine on järgmine samm. See statistiline mõõdik aitab mõista varade vahelisi seoseid, mis on oluline hajutatud portfelli loomisel. Kovariatsiooni maatriks arvutatakse kasutades Microsoft Exceli analüüsimis funktsiooni nimega *Covariance*. Tulemuse peadiagonaali peal on näha vastava väärtpaperi dispersioon ning ülejäänud lahtrites on näidatud kahe erineva väärtpaperi omavaheline seos. Mida suurem on number seda sarnasemalt aktsia hind mõlema väärtpaperi puhul kõigub. Alretnatiivselt on võimalik arvutada maatriks ka kasutades funktsiooni *MMULT*, mille abil korrutatakse tootluse varieeruvus transponeeritud tootluse varieeruvusega ning see jagatud vaatluste arvuga miinus 1. ($=MMULT(X;TRANSPOSE(X))/(n-1)$), kus X on tootluse varieeruvus ja n on vaatluste arv. Kovariatsiooni maatriksit koos korrelatsiooni maatriksiga on näha elektroonilise lisana Dropbox'is.

Portfelli optimeerimine on keskne element Harry Markowitzi portfelliteoorias, mille eesmärk on leida varade kaalud portfellis, mis maksimeerivad oodatavat tootlust antud riskitasemel või minimeerivad riski antud tootlustasemel. See protsess sisaldab portfelli oodatava tootluse ja riski kvantitatiivset arvutamist ning efektiivse piiri konstrueerimist. Portfelli oodatav tootlus ja risk arvutatakse kaalutud keskmistena, kasutades varade individuaalseid tootlusi ja kovariatsioone.

Portfelli oodatav tootlus arvutatakse järgneva valemiga:

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^n \omega_i E(R_i), \quad (6)$$

kus:

$E(R_p)$ – Portfelli oodatav tootlus

ω_i – i-nda aktsia osatähtsus portfellis.

$E(R_i)$ – i-nda aktsia oodatav tootlus.

N – aktive arv portfellis.

Portfelli risk arvutatakse järgneva valemiga:

$$\sigma_p = \sqrt{w^T \Sigma w}, \quad (7)$$

kus w on veervektor, mis sisaldab portfelli varade kaale, ja w^T on selle transponeeritud vektor. See valem annab portfelli üldriski, arvestades nii varade individuaalseid riske kui ka nende vahelisi korrelatsioone.

Järgnevalt konstrueerime erinevaid portfelle, mis asuvad efektiivsuse piiril. Efektiivne piir on graafiline esitus, mis näitab portfelli maksimaalset oodatavat tootlust iga riskitaseme juures. Efektiivse piiri leidmiseks kasutatakse Microsoft Exceli Solver funktsiooni, mis võimaldab süstemaatiliselt uurida erinevate aktsiate kaalude kombinatsioone. Optimeerimise eesmärgiks on vaja leida kaalude konfiguratsioon w , mis maksimeerib portfelli Sharpe'i suhet arvestades riskivaba määraga R_f . See suhtarv võimaldab investoritel mõõta, kui palju tootlust nad saavad ühiku võetud riski kohta. Sharpe'i suhtarvu 0,0 – 0,99 peetakse madalaks tootluseks antud riskitasemel, 1,0 -1,99 on hea ning üle 2,0 on suurepärase. Sharpe'i suhtarvu võib olla ka negatiivne, see viitab faktile, et mõistlikum on riskivaba instrumenti investeerida, sest nii oleks tootlus parem. Riskivaba määraks on võetud 5 aasta USA võlakirja määr (^FVX) Yahoo Finance veebilehelt. Andmete kogumise hektel oli määraks 4,682% aastas. Sharpe'i suhe on defineeritud kui:

$$\text{Sharpe'i suhe} = \frac{E(R_p) - R_f}{\sigma_p}, \quad (8)$$

kus:

$E(R_p)$ – Aktsia oodatav tootlus

$E(R_f)$ – riskivaba tulumäär

σ_p – väärtpaberi standardhälve

Optimeerimisprobleemi lahendamiseks sai katsetatud mitu erinevat stsenaariumit, millega leida optimaalne portfelli erinevate riskitasemete juures. Esmalt lahendati võrdsete osakaaludega portfelli arvutused, kus kõikide 30 erineva aktsia osakaal portfelli on võrdne ehk 1/30. Selliste osakaaludega portfelli (P1) oodatav tootlus on 0,108% päevas ehk 31,15% aastas, riskitasemeks 22,43% ja Sharpe'i suhtarv 1,18.

Järgmisena kasutades Solveri funktsiooni arvutati minimaalse riskiga portfelli (P2). Eesmärgiks oli viia riskitase võimalikult madalaks varieerudes investeeritavate aktsiate osakaaludes. Lisa piiranguteks seati, et osakaalude summa peab olema 1 ehk 100% ja osakaalud ei tohi olla negatiivsed. Mittenegatiivsuse piiranguga keelatakse ära aktsiate laenamise ja müümise ehk *short-selling*. Lühikeseks müümiseks oleks võimalik kehvasti kauplevate aktsiate pealt saada lisakapitali, mida investeerida tulusamatesse aktsiatesse, seeläbi teenides suuremat tootlust. Kui investor on teadlik ja suutlik lisa riski kandam, siis on võimalik mittenegatiivne piirang tühistada ja saada uued osakaalud. Antud lõputöö raames mittenegatiivsuse piirang jääb kehtima. Tulemuseks saadi P2, mille oodatav tulusus on 19,07% aastas, risk 15,92% ja Sharpe'i suhtarv 0,9.

Kolmanda portfelli aluseks võeti Sharpe'i osakaalu maksimeerimine. Jällegi muutes aktsiate osakaalu portfellis, hoides osakaalu summat 100% juures ja lubades ainult positiivseid osakaale. Tulemuseks on P3, mille oodatav tulusus on 70,99% aastas, standardhälve 27,21% ja Sharpe'i suhtarv 2,44.

Neljandana koostati portfelli, mille aastane tootlus oleks maksimaalne, aga samas risk oleks väiksem või võrdne, kui kõige madalama riskiga aktsia standardhälve üksikinvesteeringul. Kõige madalama riskiga aktsia oli Johnson & Johnson (JNJ), mille päevane risk oli 1.25%. Lisapiirangud

kehtisid samamoodi nagu eelnevate portfelliide arvutustel. Saadi P4, mille oodatav tulusus on 46,19% aastas, standardhälve 19,86% ja Sharpe'i suhtarv 2,09.

Viiendana võeti portfelli ideeks aktsia osakaalu maksimaalne protsent. Portfelli P5 jaoks võis ühe aktsia maksimaalne osakaal portfellist olla 20% ehk viiendik. Muud kriteeriumid ja eeldused jäid samaks. Maksimeeriti Sharpe'i osakaalu ning saadi tulemuseks tulusus 60,24%, risk 24,71% ja Sharpe'i suhtarv 2.25.

Järgnevad viis portfelli (P6-P10) koostati erinevatel riskitasemetel. Täpsemalt siis portfelliid, mille risk on võrdne 17%, 18%, 22%, 24% ja 26% ning maksimeerides Sharpe'i suhtarvu. Kõik need portfelliid graafiliselt joonistavad välja efektiivsuse piiri, mis näitab maksimaalset tootlust, mida on võimalik saavutada vastava riskitaseme juures. Saadud portfelliide osakaalude tulemused on esitatud tabelis nr 4.

Tabel 4. Portfellide osakaalud

Aktisia	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
AAPL	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
MSFT	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AMZN	3,33%	4,99%	0,00%	0,00%	0,00%	0,21%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
NVDA	3,33%	0,00%	26,51%	7,19%	20,00%	0,11%	3,09%	11,83%	16,15%	21,11%
GOOGL	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
META	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
BRK.B	3,33%	8,98%	0,00%	0,06%	0,00%	7,32%	2,33%	0,00%	0,00%	0,00%
TSLA	3,33%	0,05%	10,44%	6,10%	13,48%	3,86%	4,81%	7,57%	8,87%	10,14%
UNH	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
LLY	3,33%	0,00%	40,73%	26,56%	20,00%	13,45%	18,65%	34,14%	39,77%	43,70%
XOM	3,33%	5,70%	0,00%	6,74%	1,60%	6,78%	7,50%	4,65%	1,90%	0,00%
JPM	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
V	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
JNJ	3,33%	24,22%	0,00%	0,00%	0,00%	3,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AVGO	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PG	3,33%	16,72%	0,00%	1,60%	0,00%	11,53%	10,20%	0,00%	0,00%	0,00%
MA	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
HD	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
COST	3,33%	14,06%	0,00%	22,59%	19,64%	23,23%	23,36%	18,12%	11,85%	2,31%
MRK	3,33%	14,98%	0,00%	10,69%	5,28%	15,79%	14,80%	3,92%	0,00%	0,00%
CRM	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
NOW	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
AMD	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
LRCX	3,33%	9,24%	22,31%	17,59%	20,00%	13,65%	15,26%	19,76%	21,45%	22,74%
ANET	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
ORCL	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
ISRG	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
ROK	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TMO	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
DHR	3,33%	1,05%	0,00%	0,88%	0,00%	0,96%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Allikas: Yahoo Finance, autori arvutused

Kuna Sharpe'i suhtarv näitab vara tootlikust võetud riskitaseme juures, siis oleks mõistlik valida portfell, mille suhtarv on maksimaalne. Kuid meeles peab pidama siiski seda, kas investor on võimeline vastavat riski kandma. Otseselt pole kõige optimaalsemat portfelli, vaid on optimaalsed portfellid erinevate riskitasemete juures ehk efektiivsuspiir. Võib valida küll portfelli, mille Sharpe'i suhtarv on kõige suurem, sest see iseloomustab parimat kapitali tootlust võetud riskil. Antud olukorras portfell number 3. Valitud portfell koosneb neljast aktsiast: NVDA osakaaluga 26,51%, TSLA osakaaluga 10,44%, LLY osakaaluga 40,73% ja LRCX osakaaluga 22,31%.

Oodatavaks tootluseks 70,99% aastas ning riskitasemeks 27,21% andes Sharpe'i suhtarvuks 2,44. Kõikide portfelli arvutustulemused on välja toodud lisas 2.

3.2 Riskipariteedi mudeli kasutamine aktsiaportfelli arvutamiseks

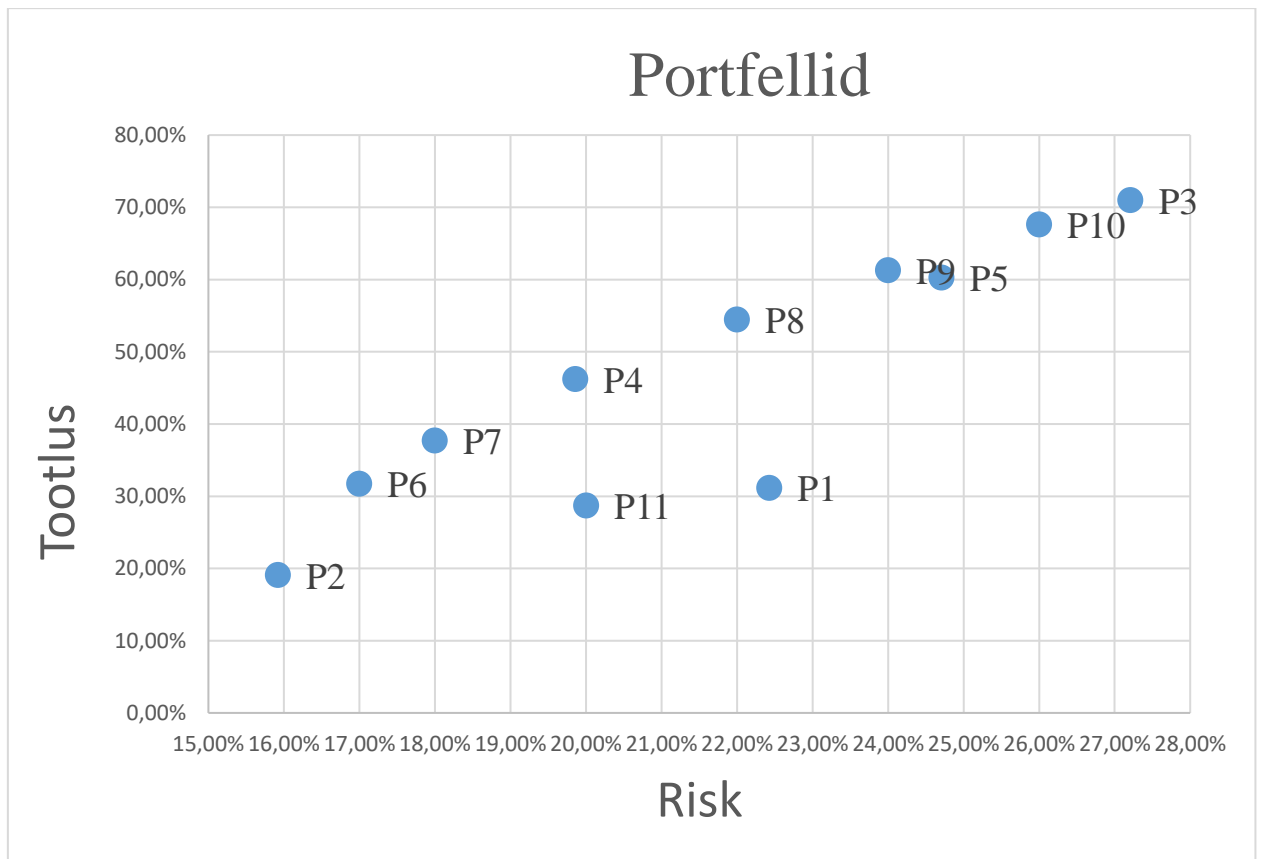
Riskipariteedi mudeli arvutuste jaoks on kasutatud samu algandmeid nagu eelmises alapeatükis. Mudeli rakendamiseks tuleb arvutada iga aktsia kaal portfellis nii, et kõigi aktsiate riskid panustavad võrdselt portfelli üldriski. Selleks arvutatakse kõigepealt kovariatsiooni kaalud korrutades aktsia osakaalud kovariatsiooni maatriksiga. Järgmiseks arvutatakse riski osakaalud korrutades eelnevalt saadud kovariatsiooni kaalud vastava aktsia osakaaluga ning jagades dispersiooniga. Seejärel arvutame erinevused keskmisest ja ideaal riskist. Iga aktsia riski osakaal oleks ideaalis 1/30. Leides nende summa, on võimalik kasutada Microsoft Exceli Solver funktsiooni, kus eesmärgiks on seda summat minimeerida ehk erinevus ideaalsest riski jaotusest oleks minimaalne, muutes aktsiate osakaalu portfellis. Lisaks peab arvestama, et aktsia osakaalude summa oleks 100% ning kõik osakaalud positiivsed. Arvutustulemused on esitatud lisas nr 2. Nende põhjal on kujundatud tabel aktsiate osakaalust, mida näha tabelis nr 5. Portfelli oodatav tootlus on 28,68% aastas ning riskitasemeks 20,00%.

Tabel 5. Riskipariteedi portfelli aktsiate osakaalud

Aksia	Riskipariteedi osakaal
AAPL	2,65%
MSFT	2,62%
AMZN	2,92%
NVDA	1,77%
GOOGL	2,78%
META	2,41%
BRK.B	4,05%
TSLA	2,06%
UNH	3,63%
LLY	4,21%
XOM	4,07%
JPM	3,19%
V	3,06%
JNJ	5,71%
AVGO	2,41%
PG	5,27%
MA	2,75%
HD	3,20%
COST	4,19%
MRK	5,47%
CRM	2,54%
NOW	2,29%
AMD	1,94%
LRCX	6,70%
ANET	2,50%
ORCL	3,27%
ISRG	2,53%
ROK	2,87%
TMO	3,47%
DHR	3,47%

Allikas: Yahoo Finance, autori arvutused

Joonisel 1 on näha riskipariteedi portfelli (P11) asetust riski ja tootluse suhtes võrreldes eelnevalt leitud portfelligidega.



Joonis 1. Portfellide positsioonid riski-tootluse graafikul.

Vaadates joonist, siis P2, P3, P4 ning P6 kuni P10 asuvad efektiivsuse piiril. Nende vahel võib tõmmata kujutletava joone, mis tähistab efektiivsuse piiri Markowitzi teooria kohaselt. Riskipariteedi portfelli asub allpool efektiivsuspiiri viitamaks, et see ei ole mõistlik investering, kui sama riskitaseme juures on võimalik teistsuguse aktsiate allokatsiooniga teenida suuremat tootlust. Vaatamata sellele on riskipariteedi portfelli palju paremini kaitstud erinevatele riskidele. Ühtlane riskijaotus portfellis, nagu riskipariteedi strateegia puhul rakendatakse, võimaldab paremini kaitsta portfelli suurte turumuutuste eest. See vähendab portfelli volatiilsust ja suurendab selle vastupanuvõimet majanduskriiside ajal, mis sageli põhjustavad traditsiooniliselt koostatud portfellides suuri kõikumisi. Sellegipoolest, kuigi riskipariteedi strateegia pakub suuremat turvalisust teatud tururiskide vastu, võib see alaperformida turgudel, kus teatud varaklassid näitavad erakordselt head tootlust, kuna strateegia piirab üksikute varaklasside potentsiaali kapitaliseerimist.

Riskipariteedi mudel pakub väärtuslikku alternatiivi traditsioonilistele investeerimisstrateegiatele, eriti olukordades, kus turu volatiilsus on kõrge ja investeerimisriskid on suured. Selle strateegia kasutamine võib olla eriti kasulik investoritele, kes soovivad vähendada portfelli kõikumisi ja

otsivad stabiilsemat tootlust. Siiski, nagu näitas analüüs, jääb riskipariteedi portfelli sageli allapoole Markowitzi efektiivsuspiiri, mis tähendab, et sama riskitaseme juures võib teistsuguse varade jaotusega saavutada suuremat tootlust. Investoritel tuleks kaaluda oma riskitaluvust ja investeerimiseesmärke, enne kui otsustavad riskipariteedi kasuks, ning jälgida pidevalt turu tingimusi ja kohandada oma portfelli vastavalt nende muutustele.

3.3 Analüüsi järeldused

Autorit huvitas idee, kuidas kasutada erinevaid portfelliteooria meetodeid aktsiaturul, kaasates AI sektori ettevõtteid ning kuidas võiksid välja näha optimeeritud portfellid. Töö eesmärk oli välja selgitada, kuidas erinevad investeerimisstrateegiad võivad mõjutada portfelli optimeerimist. Selleks loodi mitu portfelli mudelit, sealhulgas P1 ja P11, kus kasutati sundlikku aktsiate kaasamist. P1 puhul rakendati võrdset aktsiate osakaalu, andes igale aktsiale 3,33% kogu portfelli mahust ning P11 korral võeti võrdne riski osakaal aktsiate omavahelisel võrdluses. Mõlemas portfellis olid esindatud kõik valitud AI sektori ettevõtted.

Kui aga vaadata Sharpe'i suhtarvu maksimeerimist, riskitaseme minimeerimist või oodatava tootlikuse maksimeerimist kindlal riskitasemel, siis AI sektori ettevõtetest oli esindatud üpriski tugevalt üks konkreetne ettevõtte. Nimelt pooljuhtide tootmises osalev Lam Research Corporation (LRCX). Osakaal mõnes portfellis küündis isegi ligikaudu 23 protsendini. Lam Research Corporation suutis osalust haarata absoluutselt kõikides koostatud portfellides. Isegi S&P 500 20 parima ettevõtte seast oli ainult üks esindatud kõikides investeerimisportfellides, nimelt Tesla Inc (TSLA). Ülejäänud AI-sektori ettevõtted ei olnud üldse esindatud, välja arvatud väga vähesel määral Danaher Corporation (DHR). Ainult P2, P4 ja P6 puhul oli DHR aktsia esindatud ligikaudu 1% ulatuses, ülejäänud jäid portfelliidest täielikult välja.

Vaatamata AI plahvatuslikule populaarsusele, arengule ja kasutusele võtule suutis ainult üks ettevõtte portfelle tugevalt mõjutada. Selleks oli Lam Research, mis keskendub pooljuhtide valmistamisele aidates riistvara poole pealt AI arengule kaasa. Lam Researchi märkimisväärne osakaal portfellis rõhutab selle ettevõtte strateegilist tähtsust AI arengus ja turunõudlustes, eriti kõrgtehnoloogilise riistvara sektoris, mis on kriitiline AI võimekuse laiendamiseks. Üheks põhjenduseks ülejäänud valitud ettevõtete vähesel esindatavusel seletamiseks võib siinkohal olla fakt, et nii mõnedki 20'st suurima osakaaluga ettevõttest S&P 500'st mingil määral kasutavad,

arendavad või toetavad AI'd. Need ettevõtted on suurema tähelepanu keskel ja loomulikult ka väga edukad ettevõtted, sest muidu nad ei oleks saavutanud head positsiooni S&P 500 nimekirjas. Siinkohal võib rolli mängida ka karjaefekt, kus investorid ostavad konkreetset aktsiat ainuüksi põhjusega, et teised ka seda ostavad. Lõppkokkuvõttes suudeti siiski jõuda paljude erinevate riskitasemetega portfelliideni, mille alusel on võimalik investeerida ja loota head tootlust. Investori kanda jääb otsus oma riskitaluvuse alusel valida tema jaoks sobilik portfelli.

Meetodite puuduseks võib välja tuua fakti, et arvutused ja nende usaldusväärsus on piiratud, kuna need põhinevad minevikus toimunud sündmustel ja varasematel tootlustel. Need ei pruugi ennustada tulevikusündmusi ega oodatavaid tootlusi realiseerida. Teiseks puuduseks võib pidada andmete kogumise pikkust. Andmete kogumise perioodiks valiti 5 aastat, sest mõningad valitud AI sektori ettevõtted on alles ligikaudu 5 aastat tegutsenud turul. Mõningad ettevõtted jäid nimekirjast välja just seetõttu, et ettevõtte jõudis börsile aastal 2020 või 2021. Pikema perioodi andmete analüüs oleks andnud potentsiaalselt tõetruumad tulemused. Peab tõdema ka, et investorid ei käitu alati ratsionaalselt, alludes emotsioonidele ja inimpsühholoogia eripäradele, mistõttu võivad turud reageerida ebaefektiivselt ja kaootiliselt.

Uurimuses võiks edasi pöörata tähelepanu alternatiivsetele portfelli optimeerimise meetoditele, sealhulgas uurida, kuidas erinevad strateegiad toimivad majanduskriiside ajal. See võimaldaks paremini mõista portfelli vastupanuvõimet äärmuslikele turumuutustele. Huvitav oleks ka uurida, kuidas masinõppe algoritme ja tehisintellekti saab kasutada finantsportfelli juhtimisel. Andes optimeerimisülesande AI-le, võib avaneda uusi võimalusi portfelli halduseks, mis võiksid tuua innovaatilisi lähenemisi ja parendada investeerimisstrateegiaid tulevikus.

KOKKUVÕTE

See bakalaureusetöö uurib, kuidas rakendada portfelliteooriat turul, keskendudes eriti AI sektoris tegutsevatele ettevõtetele. Töö eesmärgiks on ületada riskiga korrigeeritud tootlusega turu keskmist tootlust, kasutades selleks Markowitzi mudelit ja riski-pariteedi mudelit. Eesmärgi saavutamiseks püstitas autor uurimisküsimused, mille abil leida viise portfelli riskide vähendamiseks ning kuidas mõjutavad AI-sektori ettevõtete valik portfelli tootlust ja riske.

Lõputöö esimeses osas antakse ülevaade AI sektori arengust ja mõjust majandusele. Rõhutatakse AI tehnoloogia plahvatuslikku kasvu alates 2023. aastast ja selle olulist mõju finantsturgudele. Tehisintellekti rakendamine on muutnud mitmeid traditsioonilisi protsesse, eriti finantsturu analüüsimisel ja otsustusprotsesside kiirendamisel. Autor käsitleb ka AI-tehnoloogiate, nagu süvaõpe ja närvivõrgud, mõju laiemalt, mainides nende kasutamist pildi- ja kõnetuvastuses ning automatiseerimises. Mainitakse ka suurt kasvupotentsiaali firmadel, mis kasutavad, arendavad või toetavad AI-d.

Töö teises osas keskendutakse andmete kogumisele ja meetodikale. Autor valib S&P 500 indeksi 20 suurima osakaaluga ettevõtet ning täiendavalt kümme AI-sektori ettevõtet analüüsi abil. Analüüs põhineb oodatava tootluse ja riski suhte otsimises, mis oleks võrreldav ülejäänud aktsiatega nimekirjas. Et vähendada sektoririski, otsustas autor jagada valik viide alagrupp, milleks osutusid tarkvara, riistvara, infrastruktuur, robotika ja biotehnoloogia.

Kolmandas osas rakendatakse ettevõtete andmetele Markowitzi ja riski-pariteedi arvutusmudeleid, et luua mitmekesise riski ja tulu profiiliga portfelle. Analüüsil võrreldakse erinevate portfelli oodatavat tootlust, riskitaset ning nende kahe omavahelist suhtarvu, mida nimetatakse Sharpe'i suhtarvuks. Optimeerimiseks kasutatakse MS Exceli Solver funktsiooni. Konstrueeritakse 11 erinevat portfelli, millest statistiliselt optimaalsem investeerimisportfell on maksimaalse Sharpe'i suhtarvuga. Selle portfelli oodatavaks aastaseks tootluseks on 70,99% ning riskitasemeks 27,21%, mis annab Sharpe'i suhtarvuks 2,44. Ka teistel portfellidel on oma tähtsus, olenevalt investori

riskitaluvusest ja riskide hajutatavusest. Kõik 11 portfelli ületasid turu keskmise tootluse sama ajaperioodi vältel.

Jõutakse järeldusele, et hoolimata AI sektori märkimisväärsest kasvust ja potentsiaalset, on traditsioonilised suured ettevõtted, nagu need S&P 500 nimekirjas, endiselt dominantsemad investeerimisvalikud. Analüüsil valitud AI sektori ettevõtetest ainult Lam Research Corporation (LCRX) pakkus piisavalt head tootlust ja riskitaset, et konkureerida teistega ja mõjutada portfelli osakaale. Autor tõdeb, et AI-sektori ettevõtted ei pruugi olla oma populaarsuse ja kasvu tõttu alati parimad investeerimisvõimalused.

Töö lõpeb tõdemusega, et portfelliteooria rakendamine globaalses kontekstis nõuab pidevat kohandamist ja riskide haldamist. Tuleviku finantsseise on väga keeruline ette ennustada, seega tuleb kohaneda muutustega pidevalt. Autor kutsub üles jätkama uuringuid selles valdkonnas, et paremini mõista AI tehnoloogiate mõju majandusele ja investeringutele tulevikus.

SUMMARY

This bachelor thesis examines how to apply portfolio theory on the market, with a particular focus on companies operating within the artificial intelligence (AI) sector. The aim is to exceed the average risk-adjusted returns of the market using the Markowitz model and the risk parity model. To achieve this, the author has set research questions to find ways to reduce portfolio risks and how the selection of AI-sector companies affects portfolio returns and risks.

The first part of the thesis provides an overview of the development and impact of the AI sector on the economy. It highlights the explosive growth of AI technology since 2023 and its significant impact on financial markets. The implementation of artificial intelligence has transformed several traditional processes, especially in the analysis of financial markets and the acceleration of decision-making processes. The author also discusses the broader impact of AI technologies, such as deep learning and neural networks, mentioning their use in image and speech recognition, and automation. The potential for substantial growth is also noted in companies that use, develop, or support artificial intelligence.

The second part of the thesis focuses on data collection and methodology. The author selects the 20 companies with the largest shares in the S&P 500 index and an additional ten AI-sector companies for analysis. The analysis is based on searching for an expected return and risk ratio comparable to other stocks in the list. To reduce sector risk, the author decided to divide the selection into five subgroups: software, hardware, infrastructure, robotics, and biotechnology.

In the third part, the data of the companies are applied to Markowitz and risk parity calculation models to create portfolios with diverse risk and return profiles. The analysis compares the expected returns, risk levels, and their ratios, known as the Sharpe ratio, of different portfolios. Optimization is performed using the MS Excel Solver function. Five different portfolios are constructed, of which the statistically most optimal investment portfolio has the maximum Sharpe ratio. This portfolio's expected annual return is 70,99%, with a risk level of 27,21%, which makes Sharpe ratio equal to 2,44. The other portfolios also have their importance, depending on the investor's risk tolerance and risk diversification. All of the 11 portfolios exceeded the market average return within the same timeframe.

The conclusion is that despite the significant growth and potential of the AI sector, traditional large companies, such as those in the S&P 500 list, remain the dominant investment choices. Out of the AI sector companies selected for analysis, only Lam Research Corporation provided sufficiently good returns and risk levels to compete with others and influence portfolio shares. The author notes that AI-sector companies may not always be the best investment opportunities despite their popularity and growth.

The thesis concludes that the application of portfolio theory in a global context requires constant adjustment and risk management. Predicting future financial conditions is very challenging, therefore it is necessary to continuously adapt to changes. The author calls for continued research in this area to better understand the impact of artificial intelligence technologies on the economy and future investments.

KASUTATUD ALLIKATE LOETELU

Ang, A. (2014). *Asset Management: A Systematic Approach to Factor Investing*. Oxford University Press.

Asness, C. S., Frazzini, A., & Pedersen, L. H. (2012). Leverage aversion and risk parity. *Financial Analysts Journal*, 68(1), 47-59.

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W.W. Norton & Company.

Bughin, J., Hazan, E., Lund, S., Dahlström, P., Wiesinger, A., & Subramaniam, A. (2018). Skill shift: Automation and the future of the workforce. McKinsey Global Institute, 1, 3-84.

Campbell, J. Y., Lo, A. W., & MacKinlay, A. C. (1997). *The Econometrics of Financial Markets*. Princeton University Press.

Chris Smith, Brian McGuire, Ting Huang, Gary Yang, (2006), *The History of Artificial Intelligence*, University of Washington

Clarke, R. G., de Silva, H., & Thorley, S. (2013). Risk parity, maximum diversification, and minimum variance: An analytic perspective. *Journal of Portfolio Management*, 39(3), 39-53.

Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. *Harvard Business Review*

Dropbox'i elektrooniline lisa, kovatiatsiooni ja korrelatsiooni maatriks

Edwin J. Elton, Martin J. Gruber, (1997), Modern portfolio theory, 1950 to date, *Journal of Banking & Finance*, Volume 21, Issues 11–12

Elton, E. J., Gruber, M. J., Brown, S. J., & Goetzmann, W. N. (2014). *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis* (9th ed.). Wiley.

Fonseca, R. J., Rustem, B., & Ziemba, W. T. (2014). Robust portfolio optimization using risk parity. *Operations Research*, 62(2), 408-424.

Haenlein, Michael & Kaplan, Andreas. (2019). A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence. *California Management Review*.

Henriksson A. & Nyqvist V., (2022) The Value of AI Investments. *Digitala Vetenskapliga Arkivet*.

Jurczenko, E. (2015). *Risk-Based and Factor Investing*. Elsevier.

- Loureiro M. C. Sandra, Guerreiro João, Tussyadiah Iis, (2021), Artificial intelligence in business: State of the art and future research agenda, *Journal of Business Research*, Volume 129
- Lui, A.K.H., Lee, M.C.M. & Ngai, E.W.T. (2022) Impact of artificial intelligence investment on firm value. *Ann Oper Res* 308, 373–388
- Maillard, S., Roncalli, T., & Teiletche, J. (2010). The properties of equally weighted risk contribution portfolios. *The Journal of Portfolio Management*, 36(4), 60-70.
- Mangram, Myles E., A Simplified Perspective of the Markowitz Portfolio Theory (2013). *Global Journal of Business Research*, v. 7 (1) pp. 59-70
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
- Markowitz, H. M. (2014). *Risk-Return Analysis: The Theory and Practice of Rational Investing (Volume One)*. McGraw-Hill Education.
- Michael Ligon, (2023), How Artificial Intelligence Is Revolutionizing Stock Investing, *Forbes Business*
- Miller, M. B. (2012). *Quantitative Financial Risk Management: Theory and Practice*. Wiley.
- Qian, E. (2015). *Risk Parity Fundamentals*. Risk Books.
- Rockwell Anyoha, (2017), The History of Artificial Intelligence, Harvard University, blog
- Smith, J. A. (2020). Exploring Risk Parity in Portfolio Management: A Mathematical Approach. *The Journal of Portfolio Management*, 46(2), 123-135.
- Tredinnick, L., & Laybats, C. (2023). The dangers of generative artificial intelligence. *Business Information Review*, 40(2), 46-48.
- Will Oremus, (2022), Google's AI Passed a Famous Test, *The Washington Post*

LISAD

Lisa 1. Aktsiate päevane keskmine tootlus, standardhälve ja Sharp'i suhtarv

Aksia	Päevane keskmine tootlus	Standardhälve	Sharp'i konstant
AAPL	0,119%	2,01%	0,95
MSFT	0,120%	1,91%	1,00
AMZN	0,078%	2,21%	0,49
NVDA	0,286%	3,26%	1,95
GOOGL	0,093%	2,02%	0,68
META	0,121%	2,80%	0,70
BRK.B	0,060%	1,36%	0,54
TSLA	0,255%	4,08%	1,32
UNH	0,084%	1,85%	0,65
LLY	0,173%	1,97%	1,60
XOM	0,074%	2,16%	0,46
JPM	0,068%	2,01%	0,44
V	0,060%	1,76%	0,42
JNJ	0,022%	1,25%	0,05
AVGO	0,154%	2,34%	1,15
PG	0,049%	1,33%	0,40
MA	0,073%	1,98%	0,49
HD	0,065%	1,81%	0,45
COST	0,103%	1,51%	1,05
MRK	0,068%	1,45%	0,61
CRM	0,075%	2,43%	0,42
NOW	0,127%	2,67%	0,78
AMD	0,196%	3,31%	1,13
LRCX	0,180%	2,98%	1,11
ANET	0,130%	2,73%	0,79
ORCL	0,089%	1,98%	0,65
ISRG	0,087%	2,24%	0,55
ROK	0,064%	2,20%	0,37
TMO	0,078%	1,78%	0,60
DHR	0,078%	1,74%	0,62

Lisa 2. Erinevate portfelliide aktsiate osakaal

Aktsia	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
AAPL	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,65%
MSFT	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,62%
AMZN	3,33%	4,99%	0,00%	0,00%	0,00%	0,21%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,92%
NVDA	3,33%	0,00%	26,51%	7,19%	20,00%	0,11%	3,09%	11,83%	16,15%	21,11%	1,77%
GOOGL	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,78%
META	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,41%
BRK.B	3,33%	8,98%	0,00%	0,06%	0,00%	7,32%	2,33%	0,00%	0,00%	0,00%	4,05%
TSLA	3,33%	0,05%	10,44%	6,10%	13,48%	3,86%	4,81%	7,57%	8,87%	10,14%	2,06%
UNH	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,63%
LLY	3,33%	0,00%	40,73%	26,56%	20,00%	13,45%	18,65%	34,14%	39,77%	43,70%	4,21%
XOM	3,33%	5,70%	0,00%	6,74%	1,60%	6,78%	7,50%	4,65%	1,90%	0,00%	4,07%
JPM	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,19%
V	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,06%
JNJ	3,33%	24,22%	0,00%	0,00%	0,00%	3,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,71%
AVGO	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,41%
PG	3,33%	16,72%	0,00%	1,60%	0,00%	11,53%	10,20%	0,00%	0,00%	0,00%	5,27%
MA	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,75%
HD	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,20%
COST	3,33%	14,06%	0,00%	22,59%	19,64%	23,23%	23,36%	18,12%	11,85%	2,31%	4,19%
MRK	3,33%	14,98%	0,00%	10,69%	5,28%	15,79%	14,80%	3,92%	0,00%	0,00%	5,47%
CRM	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,54%
NOW	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,29%
AMD	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,94%
LRCX	3,33%	9,24%	22,31%	17,59%	20,00%	13,65%	15,26%	19,76%	21,45%	22,74%	6,70%
ANET	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,50%
ORCL	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,27%
ISRG	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,53%
ROK	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,87%
TMO	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,47%
DHR	3,33%	1,05%	0,00%	0,88%	0,00%	0,96%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,47%

Lisa 2 järg. Erinevate portfelli oodatav tootlus ja riskitase

	Kirjeldus	E	σ	Sharpe
P1	Võrdne kaal	31,15%	22,43%	1,18
P2	Miimum varieeruvus	19,07%	15,92%	0,90
P3	Max sharpe'i suhtarv	70,99%	27,21%	2,44
P4	Max tasuvus väiksema riskiga kui üksik aktsia	46,19%	19,86%	2,09
P5	Max sharpe; max aktsia osakaal 20%	60,24%	24,71%	2,25
P6	Riskipariteedi	28,68%	20,00%	1,20
P7	17% risk	31,71%	17,00%	1,59
P8	18% risk	37,68%	18,00%	1,83
P9	22% risk	54,43%	22,00%	2,26
P10	24% risk	61,29%	24,00%	2,36
P11	26% risk	67,60%	26,00%	2,42

Lisa 3. Lihtlitsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Andres Rästas

1. annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Portfelliteooria rakendamine investeerimisportfellide hindamisel, kaasates AI-sektori ettevõtteid, mille juhendaja on Kalle Ahi,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

_____ (kuupäev)

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. jq 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.