



Aalto-yliopisto  
Perustieteiden  
korkeakoulu

# Vihreän osakesijoittamisen vaikutus optimaalisiin osakeportfolioihin (valmiin työn esittely)

*Erik Backman*

*22.11.2024*

Ohjaaja: *Prof. Ahti Salo*

Valvoja: *Prof. Ahti Salo*

Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla. Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

# Tavoitteet

- Selvittää, miten ympäristömyönteisyys vaikuttaa osakeportfolion tuottoihin sekä volatilitettiin
- Muodostaa optimointimalli, joka huomioi portfolion tuoton, varianssin ja ympäristöpisteet sekä hajautusta koskevat rajoitteet
- Tarkastella historiallisia tehokkaita rintamia
- Analysoida parametrien vaikutusta portfolioiden realisoituneisiin tunnuslukuihin
- Vertailla ennustettuja tuottoja ja riskejä toteutuneisiin

# Rajaukset

- Valitaan sijoituskohteiden joukoksi S&P 500
- Kerätään data kahdelta peräkkäiseltä jaksolta
  - Sample-jakso 1.1.2010 – 31.12.2022
  - Out-of-sample-jakso 1.1.2023 – 11.10.2024
- Otetaan hajautuksessa huomioon osakkeen maksimi- ja minimipainot portfoliossa, eri osakkeiden lukumäärä ja toimiala
- Analysoidaan keskeisiä tunnuslukuja
  - Tuotto, volatilitteetti, Sharpe

# Optimointimalli (1/4)

- Pohjana Markowitzin moderni portfolioteoria
- Minimoidaan portfolion varianssia
- Rajoitteina portfolion odotettu tuotto sekä allokaatorajoite
- Päätösmuuttujana osakkeen painoarvo portfoliossa

$$\begin{aligned} \min_x \quad & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^n x_i \bar{r}_i \geq \mu \\ & \sum_{i=1}^n x_i = 1 \\ & x_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n \end{aligned}$$

# Optimointimalli (2/4)

- Lisätään malliin rajoitteita ja kohdefunktioita sekä binäärinen päätösmuuttuja

- Portfolion ympäristöpisteet  $E_P = \sum_{i=1}^n x_i E_i$

- Odotettu tuotto  $r_P = \sum_{i=1}^n x_i \bar{r}_i$

- Varianssi  $\sigma_P^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij}$

- Binäärinen päätösmuuttuja  $y_i = \begin{cases} 0, & \text{if asset } i \text{ is not included in the portfolio} \\ 1, & \text{if asset } i \text{ is included in the portfolio} \end{cases}$

# Optimointimalli (3/4)

- Toimialasektorimatriisi
- Rajoitusehtojen määrittämä käypä joukko

$$S_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if asset } j \text{ belongs to sector } i \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$(x, y) \in \mathcal{P} = \left\{ \begin{array}{l} x \in \mathbb{R}^n, \quad y \in \{0, 1\}^n \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^n x_i = 1, \\ y_i f_{\min} \leq x_i \leq y_i f_{\max}, \quad i = 1, \dots, n, \\ m \leq \sum_{i=1}^n y_i \leq M, \\ \sum_{j=1}^n S_{kj} x_j \leq S_{\max}, \quad k = 1, \dots, s, \\ x_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n. \end{array} \right\}$$

$$f_{\min} = 0.005, \quad S_{\max} = \frac{1}{3}, \quad s = 11$$

$$f_{\max} = 0.050, \quad m = 20, \quad M = 30$$

# Optimointimalli (4/4)

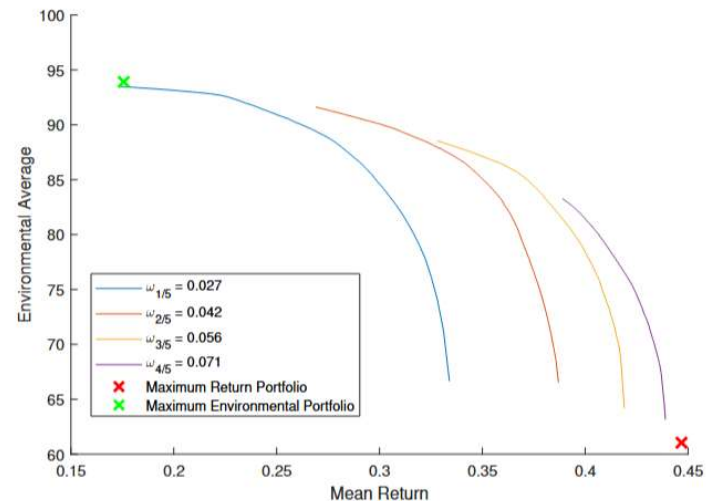
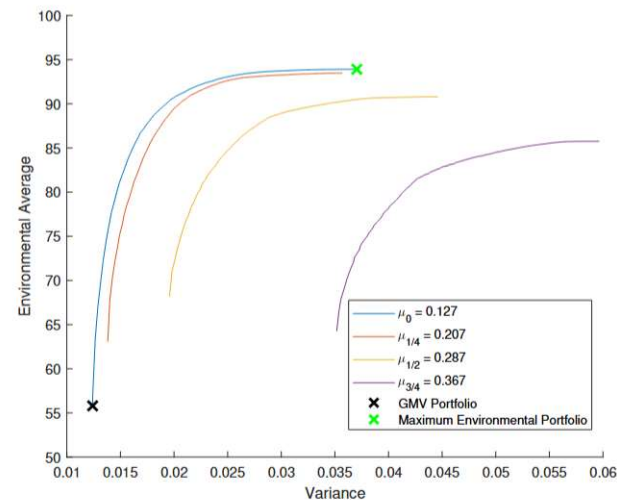
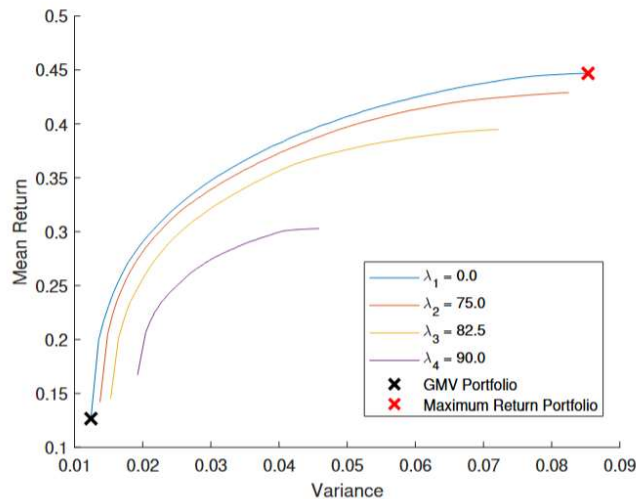
- Kolmen kohdefunktion malli (MIQP)
- Parametroiduilla vaatimustasoilla malli voidaan esittää yhden kohdefunktion optimointimallina
- Optimoidaan MATLABin INTLINPROG-ratkaisimella hyödyntäen leikkaavien tasojen menetelmää

$$\begin{aligned} \min_{x,y} \quad & \{\sigma_P^2, -r_P, -E_P\} \\ \text{s.t.} \quad & (x, y) \in \mathcal{P} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \max_{x,y} \quad & \sum_{i=1}^n x_i \bar{r}_i \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij} \leq \omega \\ & \sum_{i=1}^n x_i E_i \geq \lambda \\ & (x, y) \in \mathcal{P} \end{aligned}$$

# Tehokkaat rintamat

- Muodostetaan rintamat sample-jaksoon perustuen hyödyntämällä parametrisia vaatimustasoja
- Tarkastellaan muuttujien välisiä riippuvuuksia





# Valitut portfoliot

- Määritetään uudelleen parametriarvot 16 portfolion optimointiin

$$\mu_{\alpha}(\lambda) = \mu_{\min V}(\lambda) + \alpha(\mu_{\max R}(\lambda) - \mu_{\min V}(\lambda))$$

$$\alpha = \left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}, \frac{4}{5}\right] \quad \lambda = [0, 75, 82.5, 90]$$

- Lasketaan portfolioiden realisoituneet vuosituotot sekä näiden suhteelliset erot estimoituihin vuosituottoihin

	$\mu_{1/4}$				$\mu_{1/2}$			
	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$
Mean	0.280	0.258	0.145	0.164	0.282	0.321	0.274	0.210
Volatility	0.295	0.249	0.103	0.107	0.303	0.309	0.316	0.127
Sharpe	0.824	0.885	1.048	1.182	0.806	0.918	0.750	1.357

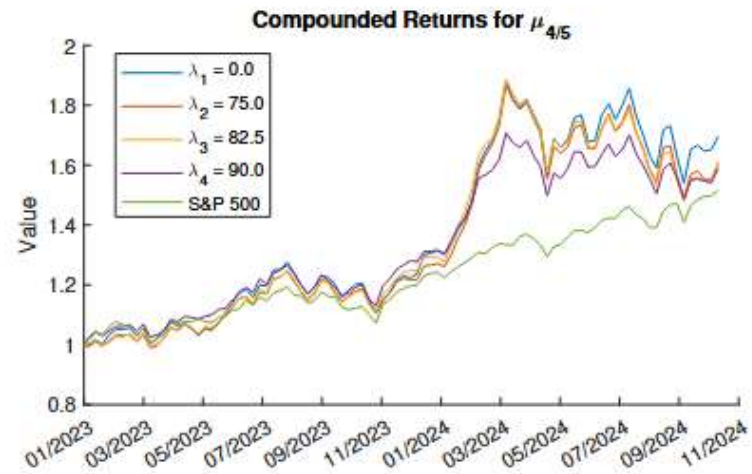
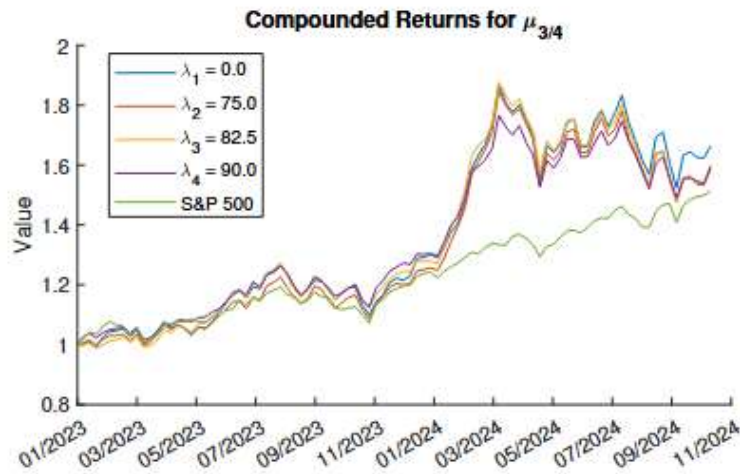
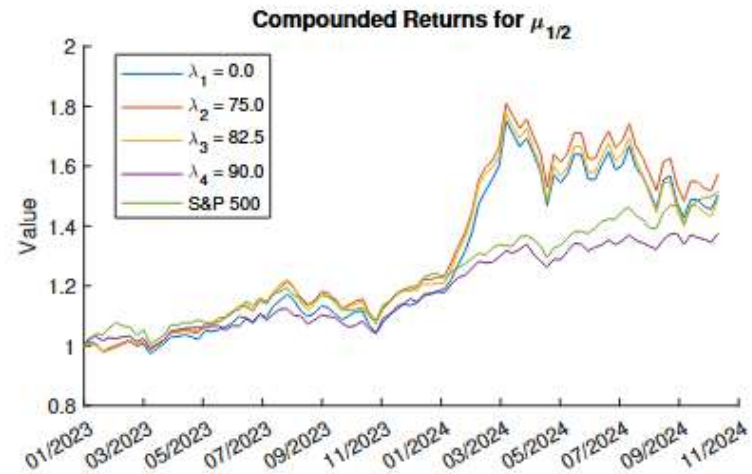
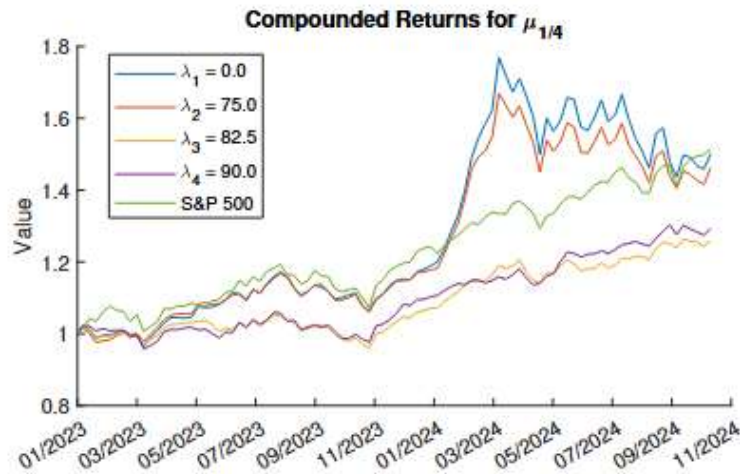
	$\mu_{3/4}$				$\mu_{4/5}$			
	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$
Mean	0.371	0.330	0.336	0.332	0.389	0.338	0.342	0.329
Volatility	0.363	0.336	0.337	0.287	0.368	0.344	0.338	0.257
Sharpe	0.921	0.871	0.887	1.027	0.954	0.873	0.900	1.134

	$\mu_{1/4}$				$\mu_{1/2}$			
	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$
Mean	35.6	27.7	-24.9	-4.1	-1.6	15.5	5.2	-2.3
Volatility	151.0	105.2	-19.0	-23.1	116.8	120.5	121.2	-12.2
Sharpe	-42.8	-34.7	-14.7	23.2	-54.7	-46.5	-52.0	10.8

	$\mu_{3/4}$				$\mu_{4/5}$			
	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$
Mean	1.3	-6.5	2.6	28.3	1.6	-8.2	0.1	23.1
Volatility	93.1	82.8	89.7	76.2	83.5	75.6	80.1	52.6
Sharpe	-47.5	-49.3	-45.7	-24.5	-44.6	-48.3	-44.4	-16.96

# Tulokset



# Tulokset

- Ympäristöpisteiden nostaminen pienentää keskimääräisiä tuottoja ja volatiliteettia, mutta parantaa kaikilla tavoitetuoton tasoilla Sharpe-lukua
- Korkeimmilla ympäristöpisteillä suhteellinen ero odotettujen ja toteutuneiden tuottojen volatiliteeteissa on pienin
- Korkeammilla tuoton tavoitetasoilla jokainen portfolio ylittää S&P 500 –indeksin kumulatiiviset tuotot
- Optimointimalli tuottaa keskenään samankaltaisia portfolioita

# Lähdeviitteet

- F. Cesarone, M.L. Martino, and A. Carleo. Does ESG Impact Really Enhance Portfolio Profitability? *Sustainability*, 14(4):2050, 2022.
- J. E. Kelley, Jr. The Cutting-Plane Method for Solving Convex Programs. *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, 8(4):703–712, 1960.
- H. Markowitz. Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1):77–91, 1952.
- Zaimovic, A., Omanovic, A., Arnaut-Berilo, A. How Many Stocks Are Sufficient for Equity Portfolio Diversification? A Review of the Literature. *Journal of Risk Financial Management*, 14(11), 551, 2021.
- LSEG (Refinitiv Workspace). <https://workspace.refinitiv.com>