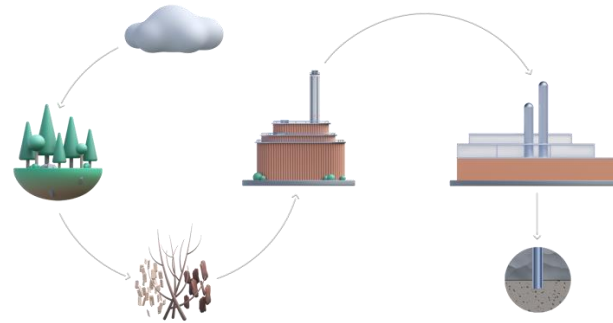


Att fatta robusta investeringsbeslut i BECCS - fallstudie Stockholm Exergi



*Oscar Stenström
Civiling. KTH, doktorand Chalmers*



Stockholm Exergis BECCS-projekt

Att fatta robusta investeringsbeslut i BECCS - fallstudie Stockholm Exergi

Slutsatser:

- Vid beslut under osäkerhet är våra antaganden viktigare än de exakta utfallen av analyser/scenarier. Utforska därför en stor mängd antaganden och scenarier, och gräv fram de som spelar störst roll för ett tillräckligt bra, robust (undvik optimalt) beslut.
- Vi testade detta för Stockholm Exergis bio-CCS-investering [1], och fann:
 - 1) Att investera är robust om sälj av negativa utsläpp tillåts och biomassastrategin är "hållbar". Annat spelar mindre roll.
 - 2) Att investera har bättre nuvärde än att vänta i 96 % av 100 000 scenarier, även vid mycket höga elpriser (>82 €/MWh), om sälj av negativa utsläpp tillåts före 2030 (>151 €/t) .
 - 3) God överensstämmelse mellan intervju- och modellresultat.

Forskning om robusta beslut

Exempel [2]: Robust Decision-Making (RDM) Dr Robert Lempert, RAND [3]



Omvänd scenariologik, exploratory analyses, människa + dator

Dynamic Adaptive Policy Pathways (DAPP) Dr Marjolijn Haasnoot, Utrecht [4]



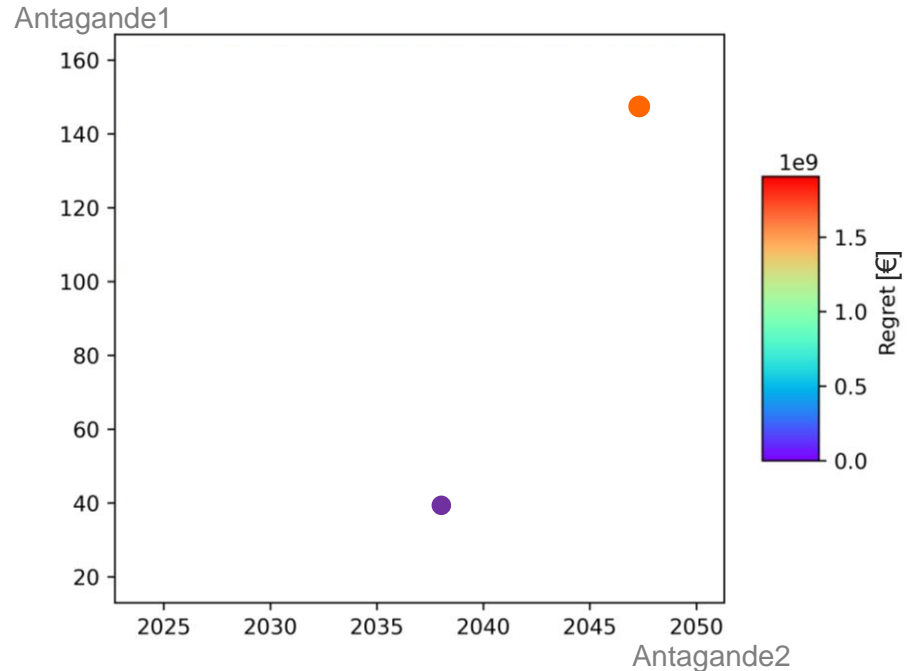
Planera anpassningar över tid, kritiska tillstånd, stigberoenden + lock-ins

Forskning om robusta beslut

Huvudprinciper i Robust Decision-Making (RDM):

- Frånga optimering, men ångra inte beslutet:
 - M.h.a. lämplig beslutsmodell, beräkna "regret" relativt de alternativa besluten, och välj beslutet med lågt regret (ex. regret = 0 €).

$$\text{regret} = f(\text{antaganden})$$

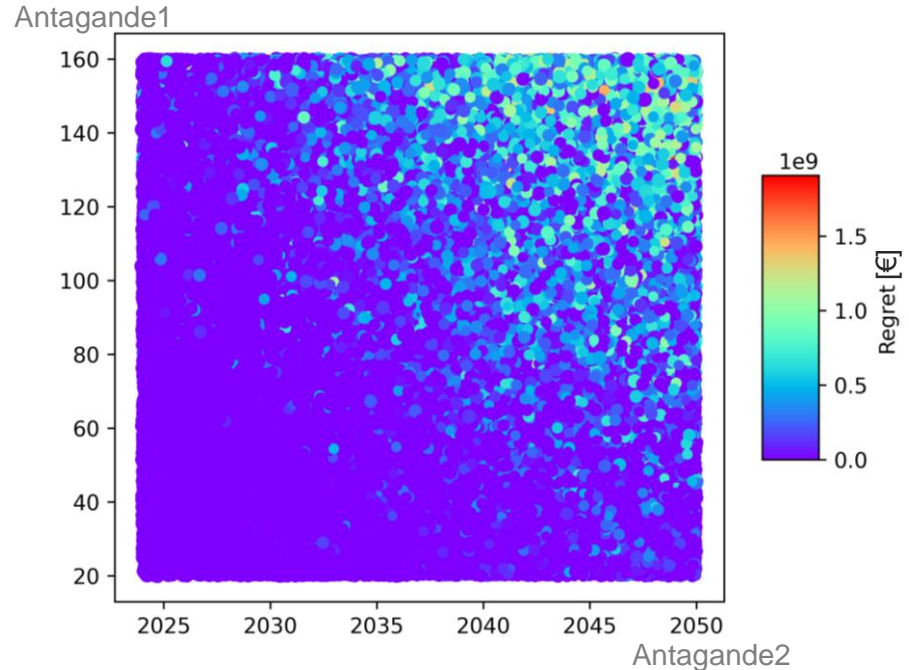


Forskning om robusta beslut

Huvudprinciper i Robust Decision-Making (RDM):

- Frånga optimering, men ångra inte beslutet:
 - M.h.a. lämplig beslutsmodell, beräkna "regret" relativt de alternativa besluten, och välj beslutet med lågt regret (ex. regret = 0 €).
- Omvänd scenariologik: kör modeller och omformulera antaganden så uttömmande som möjligt

$$\text{regret} = f(\text{antaganden})$$

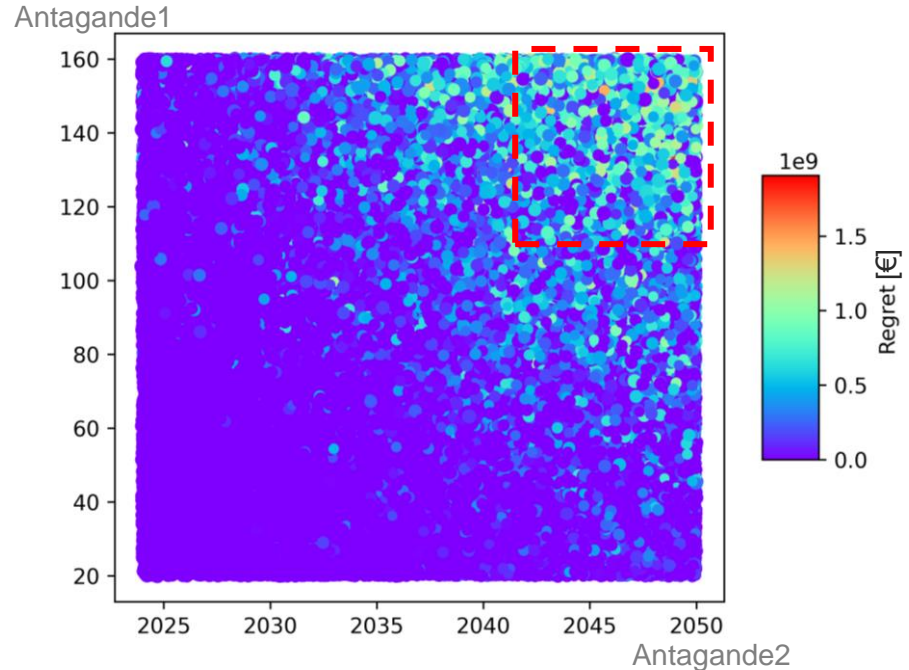


Forskning om robusta beslut

Huvudprinciper i Robust Decision-Making (RDM):

- Frånga optimering, men ångra inte beslutet:
 - M.h.a. lämplig beslutsmodell, beräkna "regret" relativt de alternativa besluten, och välj beslutet med lågt regret (ex. regret = 0 €).
- Omvänd scenariologik: kör modeller och omformulera antaganden så uttömmande som möjligt
 - Identifiera *därefter* scenarier!

$$\text{regret} = f(\text{antaganden})$$

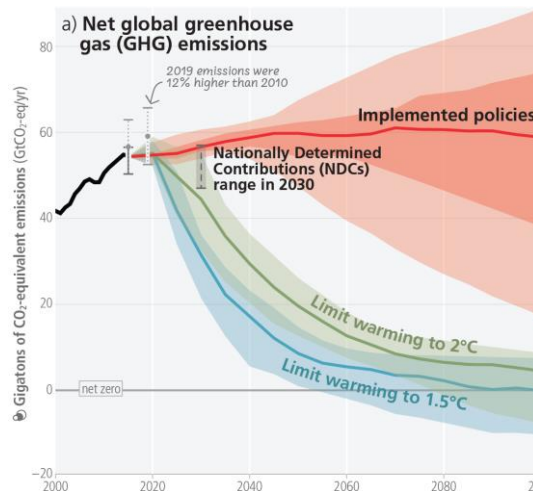


Forskning om robusta beslut

Exempel på "RDM-tillämpningar":



[5] Colorado River Basin, säkra vattenförsörjning 30 miljoner personer



[6] IPCCs scenarier, gemensamma nämnare



[7] John Hassler, förslag svensk klimatpolitik+Fit for 55

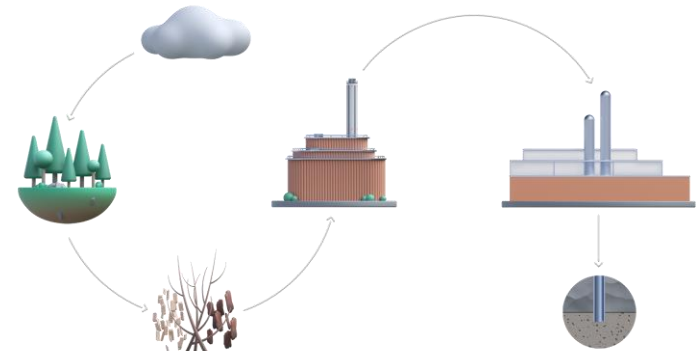
Stockholm Exergis bio-CCS-projekt

Caset:

- Potential ~800 ktCO₂/år vid KVV8
- Elstraffet för CCS återvinns som fjärrvärme
- Många affärsosäkerheter (policystöd, värdekedja, biomassa, utsläppskrediter)

Frågeställningar:

- Vilka är de kritiska osäkerheterna/scenarierna?
- Hur kan bio-CCS-strategin anpassas efter dessa?

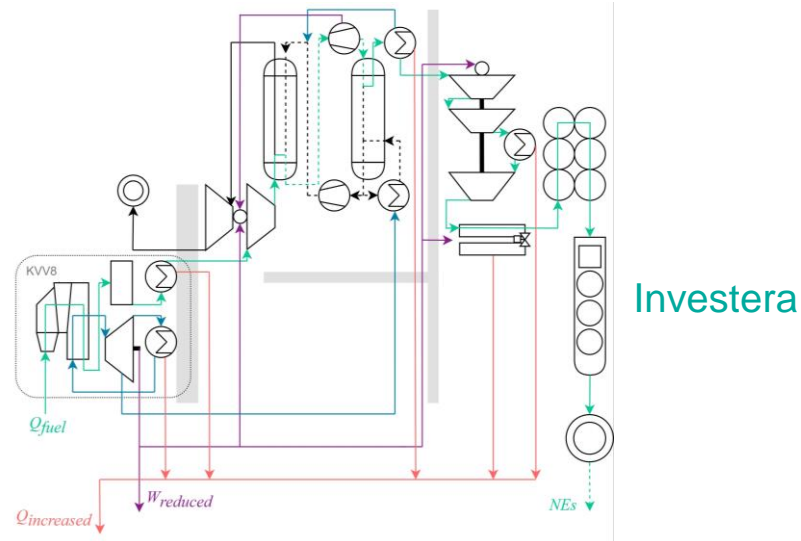
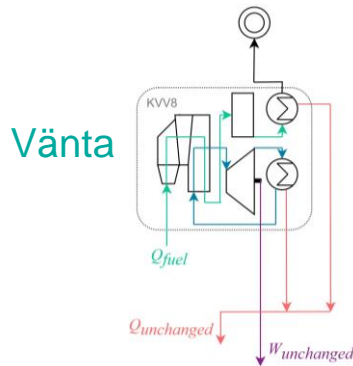


Stockholm Exergis bio-CCS-projekt

Metoder:

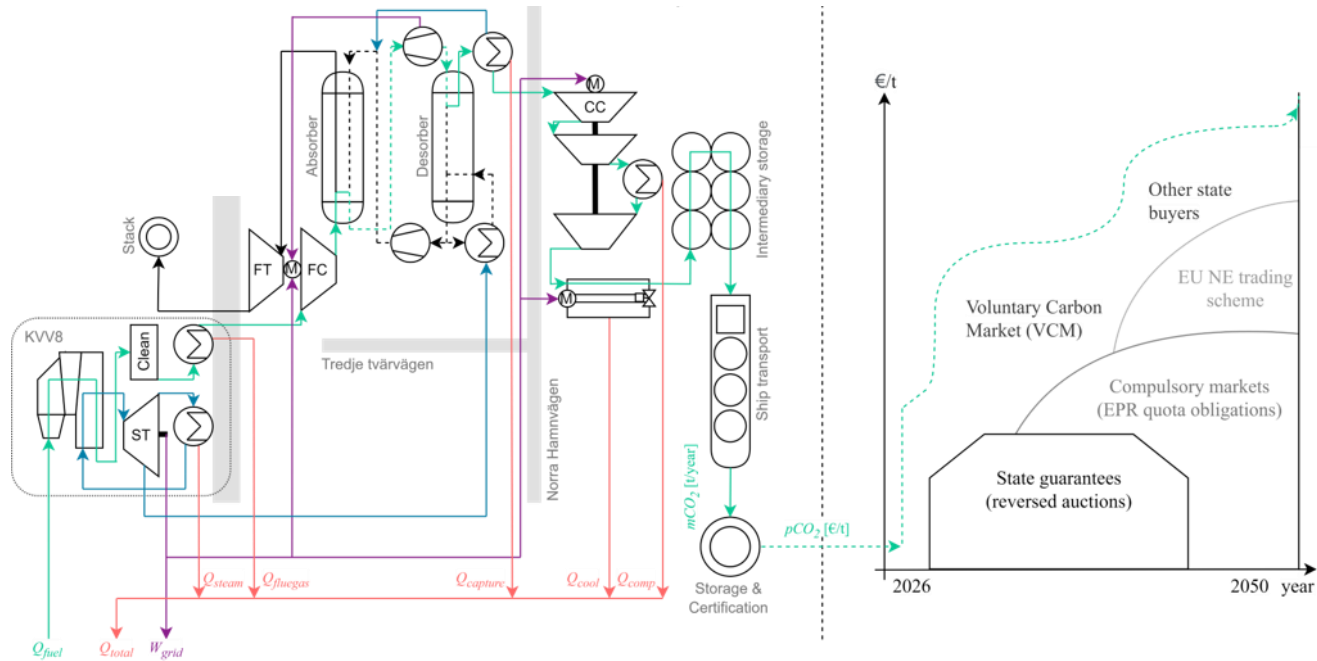
- Intervjuer, modell, känslighetsanalys (Sobol), data mining (CART)

Beslutsmodell: Vänta eller Investera
 Beräkna: regret [€] = f(antaganden)



Stockholm Exergis bio-CCS-projekt

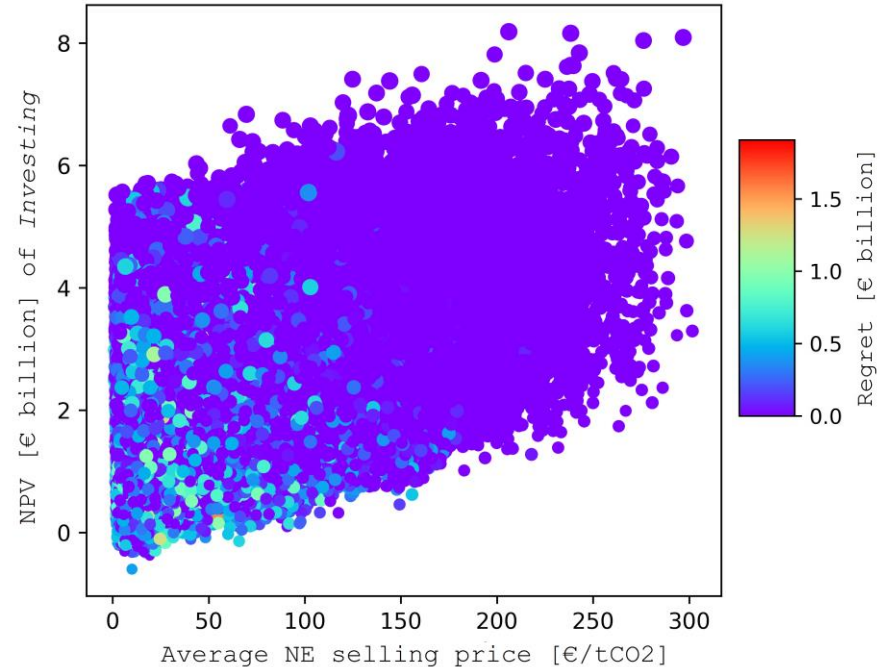
Osäkerheter:



Stockholm Exergis bio-CCS-projekt

Resultat:

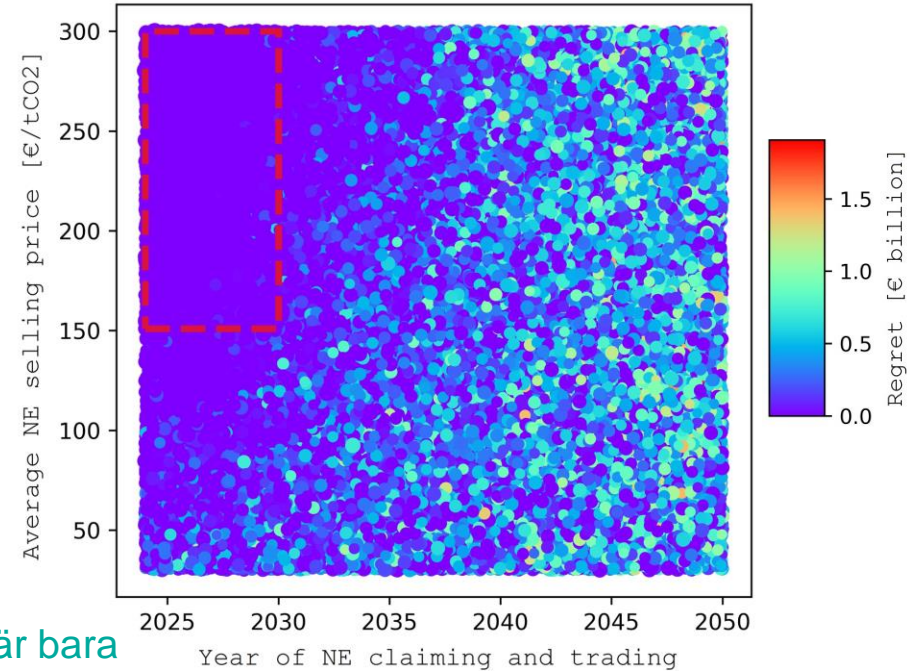
- Investering robust (nuvärdebaserat) över 100 000 utfall
 - Särskilt om sälj av negativa utsläpp tillåts
- Investera > Vänta i 96 % av fallen
 - **Trots höga elpriser** (>82 €/MWh)
 - **Om** sälj är ok före 2030 (>151 €/t)



Stockholm Exergis bio-CCS-projekt

Resultat:

- Investering robust (nuvärdebaserat) över 100 000 utfall
 - Särskilt om sälj av negativa utsläpp tillåts
- Investera > Vänta i 96 % av fallen
 - Trots höga elpriser (>82 €/MWh)
 - Om sälj är ok före 2030 (>151 €/t)

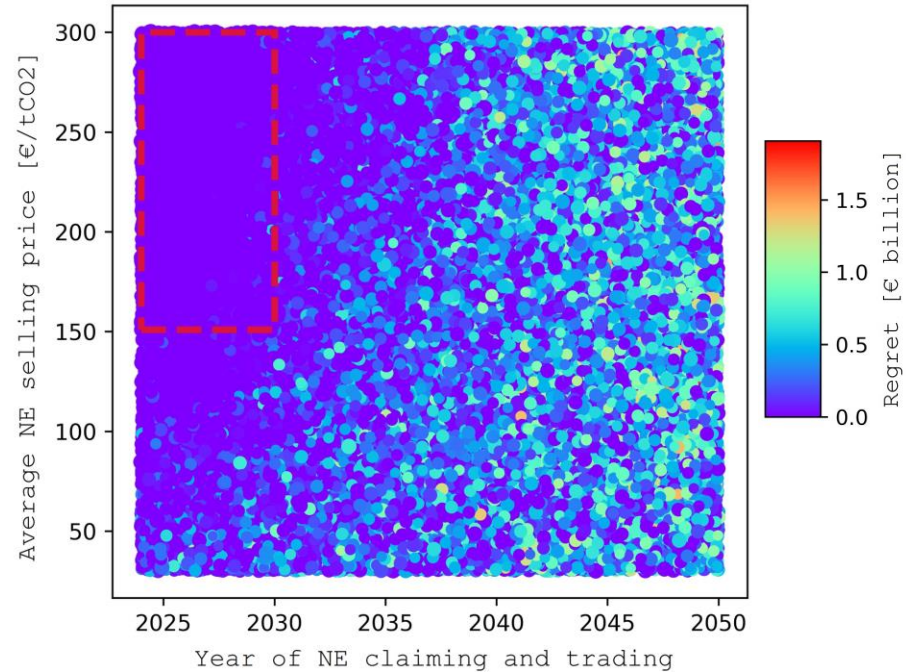


OBS: plottar här bara scenarier med höga elpriser

Stockholm Exergis bio-CCS-projekt

Resultat:

- Investering robust (nuvärdebaserat) över 100 000 utfall
 - Särskilt om sälj av negativa utsläpp tillåts
- Investera > Vänta i 96 % av fallen
 - Trots höga elpriser (>82 €/MWh)
 - Om sälj är ok före 2030 (>151 €/t)
- (Intervjuresultat: 48 osäkerheter, bl.a. biomassa, 79 möjliga åtgärder)



Stockholm Exergis bio-CCS-projekt

Slutsatser:

- Vid beslut under osäkerhet är våra antaganden viktigare än de exakta utfallen av analyser/scenarier. Utforska därför en stor mängd antaganden och scenarier, och gräv fram de som spelar störst roll för ett tillräckligt bra, robust (undvik optimalt) beslut.
- Vi testade detta för Stockholm Exergis bio-CCS-investering [1], och fann:
 - 1) Att investera är robust om sälj av negativa utsläpp tillåts och biomassastrategin är ”hållbar”. Annat spelar mindre roll.
 - 2) Att investera har bättre nuvärde än att vänta i 96 % av 100 000 scenarier, även vid mycket höga elpriser (>82 €/MWh), om sälj av negativa utsläpp tillåts före 2030 (>151 €/t) .
 - 3) God överensstämmelse mellan intervju- och modellresultat.

Referenser

- [1] Stenström, O., Dilip Khatiwada, Levihn, F., Usher, W. and Magnus Rydén (2024). *A robust investment decision to deploy bioenergy carbon capture and storage—exploring the case of Stockholm Exergi*. *Frontiers in Energy Research*, [online] 11. doi:<https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1250537>.
- [2] Decision Making under Deep Uncertainty. (2019). *Springer Link*. [online] doi:<https://doi.org/10.1007-978-3-030-05252-2>.
- [3] Rand.org. (2020). *Robert J. Lempert - Profile*. [online] Available at: https://www.rand.org/about/people/l/lempert_robert_j.html [Accessed 27 Feb. 2024].
- [4] Utrecht University. (2023). *Marjolijn Haasnoot appointed Professor of Climate Adaptation in Deltas and Coastal Regions*. [online] Available at: <https://www.uu.nl/en/news/marjolijn-haasnoot-appointed-professor-of-climate-adaptation-in-deltas-and-coastal-regions> [Accessed 27 Feb. 2024].
- [5] Groves, D.G., Fischbach, J.R., Bloom, E., Knopman, D. and Keefe, R. (2013). *Adapting to a Changing Colorado River: Making Future Water Deliveries More Reliable Through Robust Management Strategies*. [online] *Rand.org*. RAND Corporation. Available at: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR242.html [Accessed 27 Feb. 2024].
- [6] IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- [7] Regeringskansliet. (2023). *Sveriges klimatstrategi*. [online] Available at: <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/departementsserien-och-promemorior/2023/10/sveriges-klimatstrategi-46-forslag-for-klimatomstallningen-i-ljus-et-av-fit-for-55/> [Accessed 27 Feb. 2024].

Kontakt

Om ni är intresserade av liknande analyser:

oscar.stenstrom@chalmers.se

[linkedin.com/in/oscar-stenström-62506a159](https://www.linkedin.com/in/oscar-stenström-62506a159)

Nästa steg?

Avfall, massa, raffinaderi

CCS+nybyggen

Policystöd efter auktionen



CHALMERS



CHALMERS

