7 | 2025

Norges Bank

Staff memo

Klimarisiko, petroleumsressurser og den norske realvalutakursen

06.06.2025

Q. Farooq Akram
Norges Bank, Markeder

Nøkkelord
Klimarisiko, stranded assets, valutakurser, FEER.

Staff Memos present reports and documentation written by staff members and affiliates of Norges Bank, the central bank of Norway. Views and conclusions expressed in Staff Memos should not be taken to represent the views of Norges Bank.

© 2025 Norges Bank
The text may be quoted or referred to, provided that due acknowledgement is given to source.

Staff Memo inneholder utredninger og dokumentasjon skrevet av Norges Banks ansatte og andre forfattere tilknyttet Norges Bank. Synspunkter og konklusjoner i arbeidene er ikke nødvendigvis representative for Norges Banks.

© 2025 Norges Bank
Det kan siteres fra eller henvises til dette arbeid, gitt at forfatter og Norges Bank oppgis som kilde.

ISSN 1504-2596 (online)

ISBN 978-82-8379-363-5 (online)

Klimarisiko, petroleumsressurser og den norske realvalutakursen

Q. Farooq Akram*

6. juni 2025

Sammendrag

Vi drøfter effektene på den norske realvalutakursen av hypotetiske utvinningsrestriksjoner på petroleumsressursene motivert av klimarisiko. I vårt analytiske rammeverk påvirkes likevektsrealvalutakursen av permanentinntekten fra nettofordringer på utlandet, som inkluderer Statens pensjonsfond utland (SPU) og nåverdien av utvinnbare petroleumsressurser. Vår empiriske analyse tyder på en begrenset svekkelse av likevektsrealvalutakursen som følge av utvinningsrestriksjoner. Svekkelsen øker med omfanget av utvinningsrestriksjoner, men modifiseres av eventuelt høyere petroleumspriser som følge av restriksjonene. Dersom realavkastningen på SPU er høyere enn på petroleumsressursene, kan et høyere utvinningstempo og en raskere verdioverføring til SPU også modifisere valutakurssvekkelsen.

Nøkkelord: Klimarisiko, stranded assets, valutakurser, FEER.

JEL koder: *Q54, Q56, Q58, F31, F37.*

*Synspunktene og konklusjonene i dette Staff memoet er mine egne og deles ikke nødvendigvis av Norges Bank. De må derfor ikke rapporteres som Norges Banks synspunkter. Jeg vil gjerne takke Ragnar Nymoen, Karsten Gerdrup, Alexander Flatner, og flere andre kolleger for svært nyttige diskusjoner og kommentarer. E-post: farooq.akram@norges-bank.no.

1 Innledning

Det synes å være bred enighet om at produksjon og forbruk av alle gjenværende karbonintensive energiressurser ikke er forenlig med oppnåelse av globale klimamål; se f.eks. Muttitt (2016), Rogelj et al. (2018), Asheim et al. (2019) og Welsby et al. (2021). Etterspørselen og produksjonen av klimavennlig energi, varer og tjenester har også økt over tid, i takt med økende miljøbevissthet, teknologiske og økonomiske muligheter samt offentlige reguleringer.

Lavere produksjon og forbruk av karbonintensiv energi og produkter som følge av reguleringer, endringer i teknologi og/eller i forbrukerpreferanser kan påvirke utenriksøkonomien, statsfinansene og den øvrige økonomien til land med store karbonintensive ressurser; se Semieniuk et al. (2022) og Bems et al. (2024). Et voksende antall studier peker også på betydningen av klimarisiko og "stranded assets" for utviklingen i ulike typer aktivapriser inklusive valutakurser; se f.eks. Cheema-Fox et al. (2021), Winkler (2022) og Peng et al. (2023).[1]

Norge er blant landene som kan oppleve et relativt stort verditap på sine gjenværende petroleumsressurser ved prisfall og dersom ikke alle ressursene kan utvinnes. Norge har fortsatt betydelige gjenstående petroleumsressurser som følge av flere olje- og gassfunn over tid. Omlag halvparten av forventede petroleumsressurser er utvunnet siden deres oppdagelse på slutten av 1960-tallet.[2]

Enkelte studier anslår at den norske kronen i likhet med flere andre råvarevalutaer vil svekke seg som følge av klimarisikomotiverte restriksjoner på fossile naturresusser og/eller lavere etterspørsel etter slike; se Kapfhammer et al. (2020), Aune et al. (2020) og Benedictow and Hammersland (2023). Flere markedskommentatorer har også forklart svekkelsen av kronekursen og andre råvarevalutaer i løpet av de siste årene som en respons på stigende fokus på klimarisiko og forventninger om fallende utvinning og forbruk av karbonintensive energikilder.[3] Imidlertid, anser Winkler

[1] Det er vanlig å skille mellom to hovedtyper av klimarisiko: fysisk risiko og overgangsrisiko. Fysisk risiko forbindes med skader på natur, liv og eiendom som følge av klimaendringer. Overgangsrisiko knyttes til nedskrivninger av eiendeler og økte produksjon-, distribusjon- og konsumkostnader som følge av klimarisikorelaterte endringer i preferanser, teknologi og offentlige reguleringer. Slik sett omhandler denne artikkelen overgangsrisikoen som norske petroleumsressurser står overfor.

[2] https://www.norskpetroleum.no/petroleumsressursene/ressursregnskap-norsk-sokkel/

[3] "Krona er halvert i verdi...", Nettavisen 12.03.2023; https://www.nettavisen.no/okonomi/

(2022) kronens klimaeksponering som mindre enn for de fleste andre valutaer. Akram (2024) finner ikke empirisk belegg for en systematisk sammenheng mellom fokuset på klimarisiko og endringer i kronekursen.

Denne studien undersøker mulige effekter på realvalutakursen av hypotetiske utvinningsrestriksjoner på norske petroleumsressurser.[4] Den fokuserer på likevekts-realvalutakursen, heretter likevektskursen, for å rendyrke effektene av mulige utvinningsrestriksjoner. Med likevektskursen menes den realvalutakursen som er forenlig med balanse i utenriksøkonomien, under forutsetning av at den norske og handelspartnernes økonomier utvikler seg i tråd med sine trendvekstrater. En slik likevektskurs blir vanligvis omtalt som fundamental likevektsvalutakurs (FEER); se f.eks. MacDonald and Clark (1998) og Isard (2007).[5]

Vi utleder likevektskursen fra en enkel modell for utenrikshandelen for Fastlands-Norge, som i Akram (2004). Utviklingen i handelsunderskuddet antas å avhenge av permanentinntekten fra nettofordringene på utlandet. Permanentinntekten består av avkastningene på Norges nettofordringer på utlandet i form av Statens pensjonsfond utland (SPU) og nåverdien av utvinnbare petroleumsressurser.[6, 7] Avkastningen på petroleumsressursene avhenger blant annet av olje- og gasspriser. Utvinningsrestriksjoner kan medføre en økning i petroleumsprisene og dermed øke avkastningen på petroleumsressursene; se Carlin et al. (2022).

For å undersøke effektene på likevektskursen av mulige utvinningsrestriksjoner, gjør vi scenarioanalyser med ulike forutsetninger for utvinningsrestriksjoner, endringer i avkastningen på petroleumsressursene og/eller endringer i utvinningstempoet. Analysene viser at hvorvidt og hvor mye likevektskursen svekker seg, avhenger av

krona-er-halvert-i-verdi-en-ma-lure-pa-om-det-er-noe-grunnleggende-feil/s/5-95-944126

[4]Gjeldende norsk petroleumspolitikk innebærer en "utvikling, ikke avvikling av petroleumssektoren". Se f.eks. Hurdalsplattformen: https://www.regjeringen.no/contentassets/cb0adb6c6fee428caa81bd5b339501b0/no/pdfs/hurdalsplattformen.pdf og regjeringens kommunikasjon, f.eks. i etterkant av klimatoppmøtet i Dubai i 2023: https://e24.no/energi-og-klima/i/kEnAg6/aasland-om-klimaavtalen-endrer-ingenting-for-norge.

[5]Se f.eks. Driver and Westaway (2005) for en oversikt over ulike likevektsvalutakursbegreper.

[6]For informasjon om SPU, se https://www.nbim.no/en/.

[7]Her og andre steder i denne artikkelen bruker vi begrepet "tilgjengelige petroleumsressurser" for å skille dem fra "gjenværende petroleumsressurser", hvor førstnevnte er gjenværende petroleumsressurser som er underlagt utvinningsrestriksjoner. Tilgjengelige petroleumsressurser $\leq$ gjenværende petroleumsressurser; se kapittel 2.

omfanget av utvinningsrestriksjonene, og om disse sammenfaller med lavere eller høyere avkastning på tilgjengelige petroleumsressurser. Petroleumsressursene utvinnes og transformeres løpende til finansielle ressurser der statens andel overføres til SPU. Utvinningstempoet for petroleumsressursene får betydning for likevektskursen når den gjennomsnittlige realavkastningen på petroleumsressursene antas å være høyere eller lavere enn den på SPU.[8]

Vi har disponert studien som følger. Kapittel 2 gir en kort oversikt over Norges gjenstående petroleumsressurser og drøfter effektene på petroleumsprisene av et eventuelt kutt i utvinningen. Kapittel 3 omhandler klimarisikoen som SPU kan stå overfor ifølge NBIM (2021). Kapittel 4 presenterer vår enkle modell og forutsetninger som gjøres for å avlede likevektskursen.[9] Kapittel 5 gjennomfører en rekke scenarioanalyser for å belyse sammenhengen mellom inntektstap på petroleumsressursene og likevektskursen. Kapittel 6 konkluderer.

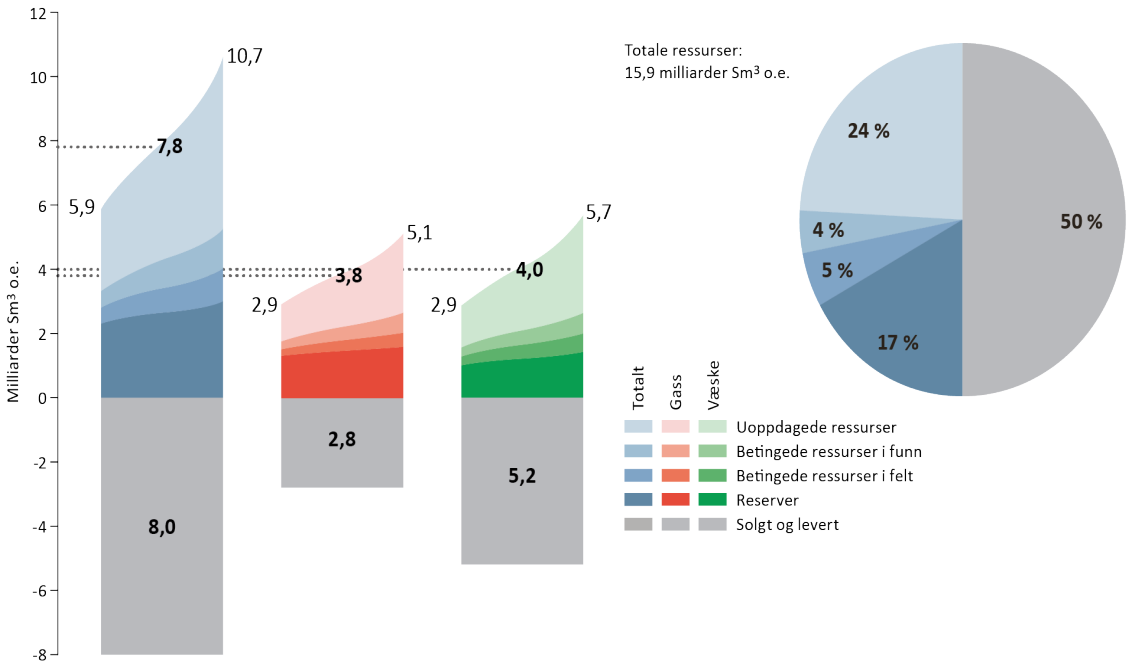
2 Klimarisiko og petroleumsressurser

Norge har fortsatt betydelige petroleumsressurser som et resultat av utvinningspolitikken og flere små og store funn over tid. Nåverdien av statens andel av gjenstående petroleumsressurser ble anslått til 3300 mrd. kroner i 2021; se Finansdepartementet (2021). Det tilsvarte omlag ett års Fastlands-BNP for Norge. Mulig klimarelatert verdifall på gjenværende petroleumsressurser vil kunne skyldes eventuelle politiske restriksjoner, teknologiske endringer og/eller endringer i forbrukernes preferanser.

Figur 1 gir en oversikt over antatt gjenværende petroleumsressurser i ulike faser av lete- og utvinningsvirksomheten. 'Reserver' i de mørke delene av figurene angir volumet av gjenværende ressurser som med stor grad av sikkerhet kan hentes ut. Derimot er anslagene for 'Betingede ressurser i felt' og 'Betingede ressurser i funn'

[8] For å forenkle analysen og fremstillingen ser vi bort fra tidsforskyvninger mellom utvinning av petroleumsressurser og overføring av statlige inntekter til SPU, samt andre institusjonelle forhold. En detaljert beskrivelse av 'petroleumsfondsmekanismen' er tilgjengelig på Norges Banks nettsider, bl.a. her: https://www.norges-bank.no/en/topics/liquidity-and-markets/Foreign-exchange-purchases-for-GPFG/.

[9] Det vises til Akram (2024) for en mer generell analyse av mulige effekter av klimarisiko på realvalutakursen for Norge.



Figur 1: *Norske petroleumsressurser og usikkerhet i estimatene per 2021. Kilde: www.norskpetroleum.no.*

mindre sikre. Dette er ressurser som sannsynligvis finnes i henholdsvis utviklede felt og i felt som ennå ikke er utviklet. 'Uoppdagede ressurser' viser til anslag på ressurser som forventes å bli funnet i områder som ennå ikke er åpnet for leting. Slike ressurser antas å utgjøre omlag halvparten av de samlede gjenværende ressursene, men størrelsen på dem er svært usikker.

Det er usikkert om og hvor mye gjenværende ressurser kan bli nedskrevet. Det er stor usikkerhet om fremtidige markedsforhold for petroleum på grunn av usikkerhet om endringer i teknologi, forbrukernes preferanser og energi- og klimapolitikk blant annet. Politiske restriksjoner kan antakeligvis innebære begrensninger på leting etter olje og gass i områder som foreløpig ikke er åpnet for leting.

En enkel antakelse kan være at politiske vedtak for det meste lar alle 'uoppdagede ressurser' bli værende, det vil si nær halvparten av gjenværende ressurser. Alternativt kan en anta som Aune et al. (2020) at 'uoppdagede ressurser' bare delvis blir liggende, nær 60 prosent. Det vil innebære at nær 1/4 av gjenværende ressurser ikke blir utvunnet. Dersom vi legger til grunn anslaget på nåverdien av gjenstående petroleumsressurser som tilfaller staten, vil en nedskrivningsandel mellom 1/4 og 1/2 av gjenstående reserver innebære et verditap på mellom 792 mrd. og 1650 mrd.

kroner. Sistnevnte anslag på verditapet tilsvarer SPUs tap i 2022.[10]

Det potensielle verditapet kan bli vesentlig høyere eller lavere enn det punktanslagene tilsier. Figur 1 indikerer stor usikkerhet om det samlede nivået på gjenstående ressurser, spesielt når det gjelder underkomponenten 'uoppdagede ressurser'. Det er dessuten stor usikkerhet om fremtidige petroleumspriser, produksjonskostnader og renter som inngår i beregningen av nåverdien av gjenværende reserver.

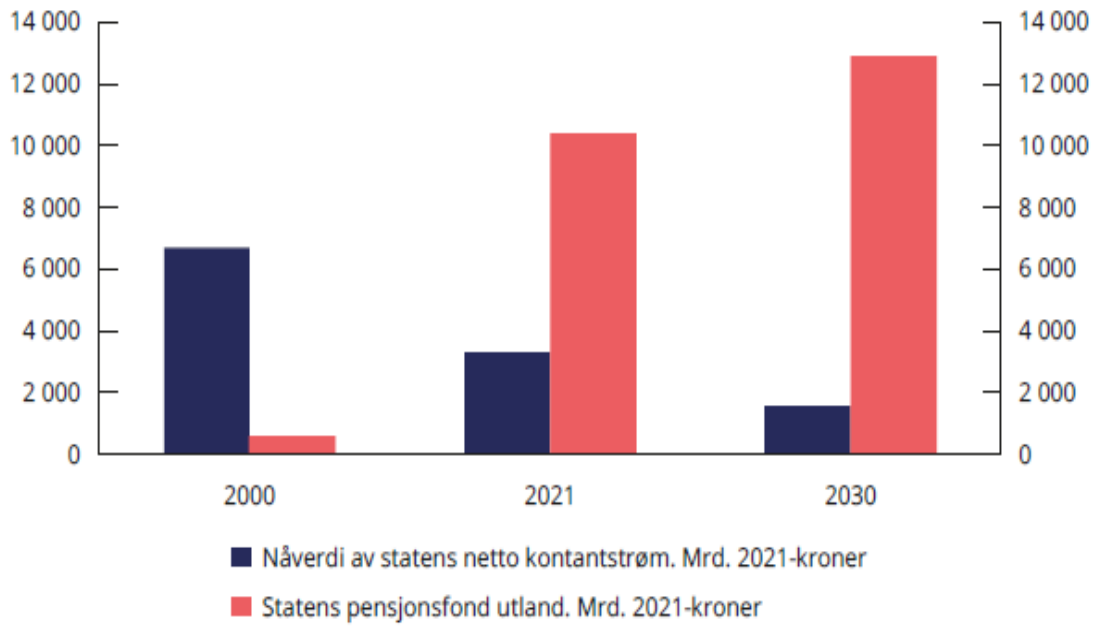
Petroleumsprisene kan bli påvirket av eventuelle utvinningsrestriksjoner og/eller avgifter; se Carlin et al. (2022). En forholdsvis stor prisøkning på petroleumsressursene som følge av slike restriksjoner kan potensielt mer enn oppveie nedgangen i gjenværende petroleumsressurser som er tilgjengelige for utvinning, heretter 'tilgjengelige petroleumsressurser'. En priseffekt forutsetter imidlertid mer eller mindre internasjonalt koordinerte produksjonsrestriksjoner eller avgiftsøkninger. Gitt den betydelige størrelsen på gjenværende petroleumsressurser globalt, kan tiltak som kun berører norsk petroleumsproduksjon, få liten effekt på petroleumsprisene.[11]

Teknologiske endringer, energieffektivisering og/eller skift i forbrukerpreferanser kan gjennom lavere etterspørsel etter petroleumsressurser føre til både et prisfall og produksjonsnedgang. Slike skift kan senke verdien av gjenstående reserver mer enn politisk bestemte produksjonskutt, som kan ha usikker effekt på grunn av motstridende pris- og produksjonseffekter. Imidlertid er det ikke opplagt at Norge vil redusere produksjonen, selv om den globale petroleumsetterspørselen og -produksjonen samlet sett skulle falle.

Et mulig verdifall på gjenværende petroleumsressurser ved negative etterspørselsskift vil også avhenge av hvordan petroleumsprodusentene responderer på slike skift. Produsentlandene kan samarbeide for å dempe et eventuelt prisfall ved å regulere nedgangen i produksjonen, slik som foreslått av Asheim et al. (2019). I et slikt tilfelle vil den samlede produksjonen gå ned til fordel for oppnåelse av klimamålene samtidig som produsentlandenes inntektstap blir mindre enn ved en ren etterspørselsbestemt produksjonsnedgang.

[10] "Norway wealth fund posts record $164 billion loss" *Reuters* 31.01.2023

[11] Se f.eks. OPEC Annual Statistical Bulletin (2022), https://www.opec.org/opec_web/en/publications/202.htm og oversikten på nettsiden https://howmuch.net/articles/worlds-biggest-crude-oil-reserves-by-country.



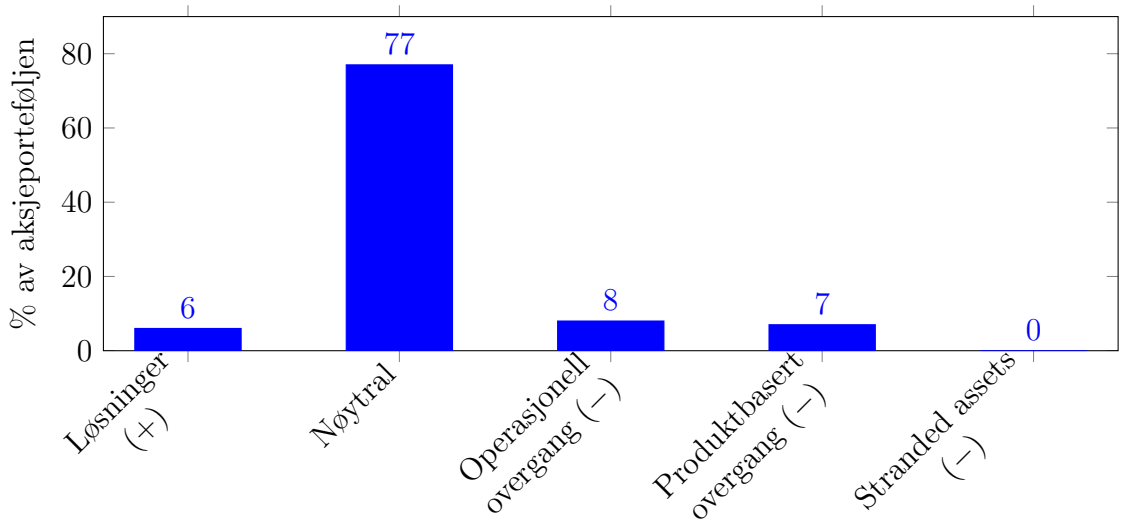
Figur 2: *Faktisk og forventet transformasjon av petroleumsformue til finansiell formue i SPU i perioden 2000–2030. Kilde: Finansdepartementet (2021).*

Tidsforsinkelser i etterspørselsnedgangen etter petroleum på grunn av tregheter i forbrukeratferd og i teknologiske og politiske prosesser kan bidra til å redusere risikoen for tap knyttet til gjenværende petroleumsressurser. Figur 2 antyder nedgang i gjenværende petroleumsressurser over tid i samsvar med produksjonsprognoser under gjeldende klima- og petroleumspolitikk. I fravær av nye store petroleumsoppdagelser kan verdien av gjenværende petroleumsressurser i løpet av det kommende tiåret bli forholdsvis liten i forhold til SPU.

3 Klimarisiko og SPU

Klimarisiko kan bidra til ikke bare verditap på gjenstående petroleumsressurser, men også til å redusere verdien av SPU. Den er et resultat av utenlandsinvesteringer av offentlige inntekter fra petroleumsvirksomheten og avkastningen på dem. SPU utgjør det meste av offentlig sektors nettofordringer på utlandet, og Norges samlede nettofordringer på utlandet. I det følgende gis et svært forenklet perspektiv på SPUs klimarisiko.

Beregninger foretatt av NBIM tyder på at SPUs finans- og realinvesteringer har



Figur 3: *SPUs aksjeportefølje og overgangsrisiko. Andeler av aksjeporteføljens markedsverdi som er eksponert mot ulike typer overgangsrisiko, i henhold til MSCI sine fem kategorier for overgangsrisiko, per 25. mars 2021. Pluss- og minustegn indikerer hvorvidt aksjeporteføljens oppgitte andeler forventes å stige eller falle i verdi som følge av de ulike overgangsrisikoene. Datakilde: NBIM (2021).*

liten negativ eksponering overfor klimarisiko; se NBIM (2021).[12] Mens obligasjonsinvesteringene antas å ha neglisjerbar sårbarhet overfor overgangsrisiko på grunn av klimapolitikken til utstedelseslandene og andre kjennetegn som lav kredittrisiko, er omlag 15 prosent av aksjemarkedsinvesteringene sårbare overfor overgangsrisiko; se figur 3. SPUs aksjeinvesteringer antas å ikke tape nevneverdig på grunn av klimamotiverte utvinnings- eller produksjonsrestriksjoner på naturressurser ('stranded assets'). Derimot kan 6 prosent av aksjemarkedsinvesteringene stige i verdi ved en overgang til klimavennlige prosesser og produkter.

Tabell 1 gjengir NBIMs anslag på nåverdien av SPUs samlede verdifall som følge av fysisk- og overgangsrisiko under ulike scenariorer for utviklingen i global temperatur frem til år 2080. Mer ambisiøs klimapolitikk uttrykt ved lavere temperaturstigning innebærer generelt sett større verdifall enn mindre ambisiøs klimapolitikk. Anslagene på verdifallet varierer mellom 750 mrd. og 50 mrd. kroner for overgangsrisiko forbundet med temperaturstigninger på mellom 1,5 og 3 grader (over førindustrielt nivå). Verdifallet forbundet med den fysiske risikoen estimeres til 300 mrd. kroner for et forholdsvis ekstremt scenario der temperaturen antas å stige med 3 grader.

[12] https://www.nbim.no/no/publikasjoner/brev-til-finansdepartementet/2021/klimarisiko-i-statens-pensjonsfond-utland/

Tabell 1: *Anslag på SPUs overgangs- og fysiske klimarisiko innen 2080*

Scenario	Verdifall, %	Verdifall, mrd. NOK
Overgangsrisiko ved:		
$1,5^oC$	8%	650
2^oC	4%	300
2^oC (forsinket)	9%	750
3^oC	1%	50
Fysisk risiko: RCP 8,5	4%	300

Note: Estimert verdifall frem mot 2080 for aksjeporteføljen under ulike scenarioer, per 31. desember 2020, i prosent og i mrd. norske kroner. Scenariet "2^oC (forsinket)" henviser til et scenario med forsinket omstilling og klimaregulering, noe som medfører større omstillingskostnader og verditap på lengre sikt. Representative Concentration Pathway (RCP) 8,5 representerer et scenario med høye utslipp av klimagasser som resulterer i det høyeste nivået på global oppvarming i henhold til det internasjonale klimapanelets (IPCC) klassifisering. Datakilde: NBIM (2021).

Som andeler av SPUs markedsverdi på nær 11000 mrd. kroner ved utgangen av 2020, er de anslåtte kostnadene ved både fysisk- og overgangsrisiko under 10 prosent ($= (750 + 300)/11000$) på det meste. Disse punktanslagene for SPUs klimarisiko kan være lavere enn overgangsrisikoen for gjenværende petroleumsressurser. Som nevnt ovenfor, kan verditap ved forbud mot utvinning av deler av, eller alle, 'uoppdagede ressurser' beløpe seg til opptil 1650 mrd. kroner for staten per 2020/2021.

4 Likevektskurs og klimarisiko

Vi presenterer herunder først en enkel modell for utenrikshandelen for Fastlands-Norge. Denne kan brukes til å analysere sammenhengen mellom likevektskursen og nettofordringer på utlandet i form av finansielle nettofordringer og nåverdien av tilgjengelige petroleumsressurser.[13] En omfattende litteratur viser til en nær sammenheng mellom realvalutakurser og landenes fordringer på hverandre over tid; se f.eks. Obstfeld and Rogoff (1996), MacDonald and Clark (1998), Itskhoki (2021) og referansene der. Nettofordringer på utlandet gir valutainntekter som kan bidra til å balansere utenriksøkonomien.

Vi bruker deretter en kalibrert versjon av modellen til å simulere effektene på likevektskursen av en nedgang i inntektene fra de samlede nettofordringene på utlandet. Vi vil fokusere på inntektsfall som kan skyldes utvinningsrestriksjoner på petrole-

[13]Dette kapitlet er delvis basert på Akram (2004).

umsressursene og/eller endringer i avkastningene på disse eller SPU som følge av klimarisiko.

4.1 Utenrikshandel og realvalutakurs

Vi antar at import (M) målt i hjemlandets produktenheter avhenger positivt av inntektsnivået i hjemlandet (Y) og negativt av realvalutakursen (R):

$$M = Y^{\beta_1} R^{-\alpha_1}. \tag{1}$$

Realvalutakursen angir forholdet mellom prisene på utlandets og hjemlandets produkter i samme valuta; en økning i realvalutakursen indikerer realdepresiering. De greske bokstavene i importfunksjonen (1) er parametere med positive verdier, der β_1 representerer importens inntektselastisitet, mens $-\alpha_1$ angir importens priselastisitet, dvs. følsomhet overfor endringer i realvalutakursen.

Tilsvarende kan hjemlandets eksport(X) antas å avhenge positivt av både inntektsnivået i utlandet (Y_f) og realvalutakursen, som uttrykt ved eksportfunksjonen (2):

$$X = Y_f^{\beta_2} R^{\alpha_2}. \tag{2}$$

β_2 betegner eksportens følsomhet overfor inntektsendringer i utlandet, mens α_2 representerer eksportens priselastisitet.

Handelsunderskuddet (TD) kan da uttrykkes som en funksjon av hjemlandets og utlandets inntekter og realvalutakursen:

$$TD \equiv M - X = Y^{\beta_1} R^{-\alpha_1} - Y_f^{\beta_2} R^{\alpha_2}. \tag{3}$$

Det følger av import- og eksportfunksjonene at handelsunderskuddet faller når realvalutakursen svekker seg (R øker). Det faller også når inntektsnivået i utlandet øker, mens det stiger med inntektsnivået i hjemlandet. Realvalutakursen som er forenlig med et bestemt nivå på handelsunderskuddet (for gitte verdier på innenlandsk og

utenlandsk inntekt) kan finnes ved å invertere likning (3), og forenkle:

$$R = \left[\frac{Y^{\beta_1}}{Y_f^{\beta_2}}\left(1 - \frac{TD}{M}\right)\right]^{1/(\alpha_1 + \alpha_2)}. \tag{4}$$

Denne sammenhengen indikerer at realvalutakursen må svekke seg når hjemlandets inntekt øker, for å motvirke økningen i handelsunderskuddet på grunn av høyere import; se likningene (3) og (1).[14] Tilsvarende må realvalutakursen styrke seg når utlandets inntekt øker, slik at handelsunderskuddet ikke faller på grunn av høyere eksport; se likningene (3) og (2). Utviklingen i realvalutakursen vil derfor avhenge av utviklingen i den inntektsbestemte importetterspørselen (Y^{β_1}) i forhold til den inntektsbestemte eksportetterspørselen ($Y_f^{\beta_2}$), dvs. av $Y^{\beta_1}/Y_f^{\beta_2}$. Dette forholdet kan tolkes som det inntektsbestemte handelsunderskuddet.

4.2 Fundamental likevektsrealvalutakurs (FEER)

Likevektskursen (FEER) kan defineres som det nivået på realvalutakursen som følger når vi har intern og ekstern balanse, dvs. når inntektsnivåene i hjemlandet og utlandet og handelsunderskuddet er på sine likevektsnivåer, henholdsvis $\overline{Y}$, $\overline{Y}_f$ og $\overline{TD}$. Altså,

$$FEER = \left[\frac{\overline{Y}^{\beta_1}}{\overline{Y}_f^{\beta_2}}\left(1 - \frac{PI}{M}\right)\right]^{1/(\alpha_1 + \alpha_2)}. \tag{5}$$

$\overline{Y}$ og $\overline{Y}_f$ kan antas å være lik potensielt BNP i hjemlandet og utlandet, mens det opprettholdbare nivået på handelsunderskuddet $\overline{TD}$ er satt lik permanentinntekten fra nettofordringene på utlandet, PI. Bruk av permanentinntekten kan opprettholde realverdien av nettofordringene på utlandet.

I fravær av permanentinntekt fra nettofordringer på utlandet ($PI = 0$), krever ekstern balanse at handelsunderskuddet er lik null i likevekt ($\overline{TD} = 0$). Da må alle importutgifter dekkes av eksportinntekter. I dette tilfellet vil likevektskursen bli bestemt av det inntektsbestemte handelsunderskuddet $\overline{Y}^{\beta_1}/\overline{Y}_f^{\beta_2}$. Den vil være kon-

[14] Fokuset på etterspørselssiden i hjemlandet og utlandet i denne typen modeller innebærer at implikasjonene for realvalutakursen blir motsatt av dem man får i modeller som vektlegger tilbudssideforhold, som produktivitetsforskjeller mellom hjemlandet og utlandet; jf. Balassa (1964), Samuelson (1964) og Bjørnland et al. (2024).

stant dersom $\overline{Y}^{\beta_1}/\overline{Y}_f^{\beta_2}$ er konstant, noe som krever samme vekst i inntektsbestemt import og eksport, dvs. $\beta_1 \Delta\overline{y}_t = \beta_2 \Delta\overline{y}_{f,\,t}$, der $\Delta\overline{y}$ og $\Delta\overline{y}_f$ betegner trendvekstratene i henholdsvis hjemlandet og utlandet. Likevektskursen vil endre seg over tid dersom trendveksten i hjemlandet er ulik den i utlandet, eller hvis importens inntektsfølsomhet avviker fra eksportens inntektsfølsomhet.

Permanentinntekt ($PI > 0$) fører til at likevektskursen generelt sett blir sterkere enn i tilfellet med påkrevd handelsbalanse ($\overline{TD} = 0$). Desto større andel av import som kan finansieres med permanentinntekten (PI/M), desto sterkere blir likevektskursen, jf. likning (5). PI/M som er lik $(M - X)/M$ ved ekstern balanse, kan tolkes som importandelen som finansieres med permanentinntekten, mens $(1 - PI/M)$ kan tolkes som importandelen som finansieres av eksport.

Endringer i permanentinntekten medfører endringer i likevektskursen. Permanentinntekten, og dermed det opprettholdbare nivået på handelsunderskuddet, kan bli endret som følge av endringer i petroleumsformuen eller i avkastningen på denne, for gitte inntekter fra andre nettofordringer på utlandet, som SPU. Likevektskursen vil derfor kunne endre seg i takt med disse endringene, alt annet gitt.

Selv for et gitt nivå på permanentinntekten vil imidlertid likevektskursen kunne variere over tid dersom importetterspørselen endrer seg over tid. For eksempel, hvis permanentinntekten er konstant eller vokser saktere enn importetterspørselen, vil importandelen som kan finansieres av den (PI/M) bli stadig mindre. For å holde handelsunderskuddet lik permanentinntekten, må realvalutakursen bli stadig svakere for å dempe importen og øke eksporten. På lang sikt kan likevektskursen bli som i tilfellet med null i permanentinntekt dersom PI/M blir ubetydelig på lang sikt. Da må importen i hovedsak finansieres av eksporten. Med andre ord, FEER-nivået for $PI > 0$ vil konvergere mot FEER-nivået for $PI = 0$ hvis $PI/M \longrightarrow 0$.

Hvorvidt likevektskursen vil påvirkes over tid av andre forhold enn permanentinntekten, avhenger av om klimarisiko eller andre forhold vil påvirke den inntektsbestemte importetterspørselen ($\beta_1 \Delta\overline{y}_t$) i forhold til den inntektsbestemte eksportetterspørselen ($\beta_2 \Delta\overline{y}_{f,\,t}$). Det kan tenkes at en raskere og større overgang til grønn teknologi i Norge påvirker importens- og/eller eksportens inntektselastisiteter, hen-

holdvsis β_1 og β_2, gjennom større preferanse for norske varer og tjenester i Norge og utlandet. Lavere β_1 og høyere β_2 vil alt annet gitt bidra til å styrke realvalutakursen.

Vi kan også merke oss at kjøpekraftsparitet ('Purchasing Power Parity') som innebærer en realvalutakurs lik 1 er et spesialtilfelle av uttrykkene (4) og (5) for tilfellet med svært høy prisfølsomhet av import og/eller eksport. Mer presist: R og $FEER \to 1$ når $(\alpha_1 + \alpha_2) \to \infty$. I dette tilfellet blir realvalutakursen uavhengig av nettofordringer på utlandet, permanentinntekten og av inntektsnivåene i hjemlandet og hos handelspartnernene. Det innebærer også at realvalutakursen ikke vil påvirkes av forhold som kan påvirke disse variablene, inkludert klimarisiko. Imidlertid finner empiriske studier ofte lave anslag på prisfølsomheten til import- og eksport. Dette er konsistent med observasjoner av generelt sett vesentlige og persistente avvik fra kjøpekraftsparitet; se f.eks. Taylor and Taylor (2004) og Akram (2006).

4.3 Forutsetninger bak ulike scenarioer

Forutsetninger om handelselastisiteter, trendvekstrater og permanentinntekten har stor betydning for estimerte effekter av klimarisiko på utviklingen i likevektskursen over tid. Nedenfor følger en oversikt over våre forutsetninger og begrunnelsene for dem.

4.3.1 Handelselastisiteter

Pris- og inntektsfølsomheten av import og eksport har stor betydning for likevektskursens respons på endringer i permanentinntekten og i trendvekstrater. Estimerte verdier på disse parameterene, alphaene og betaene ovenfor, varierer imidlertid på tvers av studier og avhenger av data, modellforutsetninger og estimeringsmetode; se blant andre Marquez (2002), Imbs and Méjean (2015), IMF (2015) og Bussière et al. (2020). For scenarioanalyser over lange horisonter er det også beheftet stor usikkerhet med parameterestimater basert på historiske data.

Vi baserer den videre analysen på estimater av priselastisiteter nær de en ofte finner i empiriske studier for Norge og andre avanserte økonomier; se f.eks. Akram (2004), Naug and Nordbø (2018), IMF (2015) og Bussière et al. (2020). I hovedana-

lysen, antar vi at importens og eksportens priselastisiteter er henholdsvis -0,5 og 0,5. Tilnærmet symmetriske priselastisiteter (i absolutte verdier) er ikke uvanlige å finne i den relevante empiriske litteraturen. I sensitivitetsanalyser viser vi likevektskursens respons på klimarisiko dersom vi legger til grunn alternative priselastisiteter. Priselastisiteter som i absolutte verdier er lavere enn de i hovedanalysen, vil medføre større valutakursrespons i scenarioanalyser enn de som er høyere.

Når det gjelder inntektselastisitetene, antar vi at de er lik 1 for både import og eksport. Det innebærer at import og eksport som andeler av henholdsvis Fastlands-BNP og handelspartnernes BNP vil være stabile over tid. Mens empiriske studier ofte finner større inntektselastisiteter enn 1, blir inntektselastisiteter lik 1 ofte pålagt i makroøkonomiske likevektsmodeller for å unngå urealistiske importandeler på lengre sikt.[15] For enkelhets skyld forutsetter vi også at pris- og inntektselastisitetene vil være konstante over hele simuleringshorisonten, noe som selvsagt er en dristig antakelse.

4.3.2 Intern og ekstern balanse

Vi forutsetter at det er intern balanse når veksten innenlands og utenlands er lik sine trendvekstrater. De antas å være lik 2 prosent per år både for Norge og handelspartnerne. Som en forenkling forutsetter vi at de ikke vil endre seg over simuleringsperioden, heller ikke når permanentinntekten fra nettofordringene på utlandet blir endret. Klimarisiko og demografiske forhold kan over tid medføre lavere trendvekst enn den vi legger til grunn, mens teknologiske endringer kan bidra til å motvirke denne nedgangen; jf. Goodhart and Pradhan (2020). Endringer i petroleumsvirksomheten i løpet av simuleringsperioden kan også påvirke trendveksten i positiv eller negativ retning; jf. Bjørnland et al. (2019). Forutsetningen om identiske trendvekstrater for Norge og handelspartnerne, og symmetriske inntekts- og priselastisiteter gjør det enklere å rendyrke effektene av endringer i permanentinntekten som følge av f.eks. klimarisiko; jf. likningene (1)–(5).

Vi forutsetter at det er ekstern balanse når handelsunderskuddet (TD) kan fi-

[15] Dette er en velkjent problemstilling i den empiriske handelslitteraturen og vi viser til bl.a. Marquez (2002) for noen forklaringer.

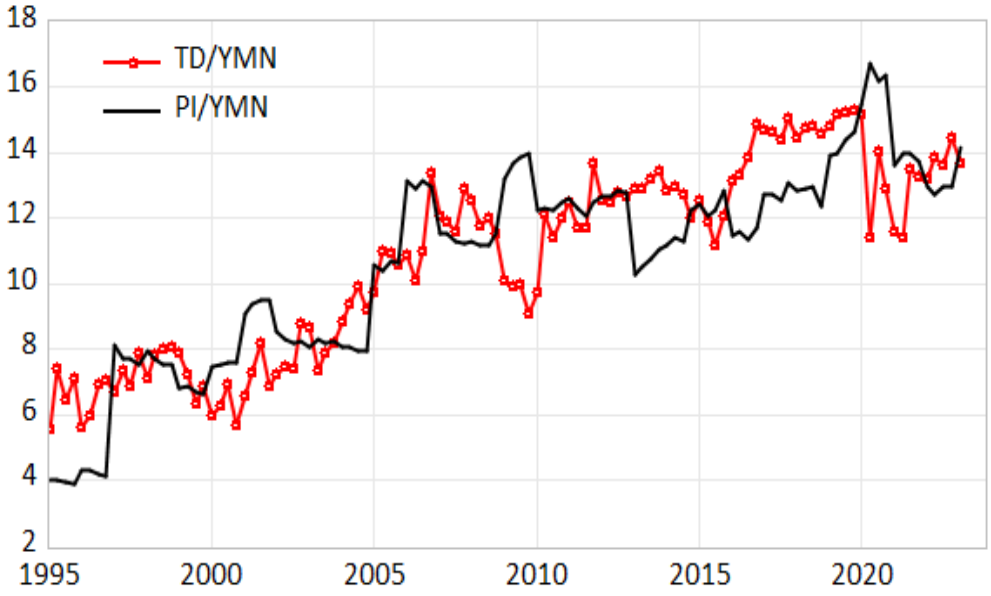
nansieres med permanentinntekten. Den antas å være lik opprettholdbare inntekter fra Norges petroleumsbaserte nettofordringer på utlandet, som består av SPU og nåverdien av statens andel av tilgjengelige petroleumsressurser på norsk kontinentalsokkel.[16]

Vi antar at permanentinntekten er lik summen av avkastningene på SPU og (statens andel av) nåverdien av tilgjengelige petroleumsressurser. Avkastningen på tilgjengelige petroleumsressurser antas å skyldes reprising av ressursene og/eller nedjusteringer av produksjonskostnadene som følge av teknologisk utvikling. Hvis avkastningen på SPU og petroleumsressursene er lik, vil permanentinntekten og dermed realvalutakursen ikke bli påvirket av hvor raskt nåverdien av petroleumsressursene blir plassert i SPU, dvs. av sammensetningen av nettofordringene på utlandet. Ved forskjeller i avkastningene på SPU og tilgjengelige petroleumsressurser vil imidlertid utvinningstempoet og overføringstakten til SPU kunne påvirke utviklingen i permanentinntekten og dermed realvalutakursen over tid.

Permanentinntekten i referansescenarioet antas å være lik 3 prosent av markedsverdien av SPU i 1. kvartal 2023 (14293 mrd. kroner) og av det tilgjengelige anslaget på (statens andel av) nåverdien av gjenværende petroleumsressurser, 3300 mrd. kroner, hentet fra Nasjonalbudsjettet for 2021. Forutsetningen om 3 prosent årlig realavkastning over tid på SPU er konsistent med anslag fra Finansdepartementet. Forutsetningen om samme realavkastning (3 prosent per år) over tid på gjenværende/tilgjengelige petroleumsressurser er i henhold til 'Hotellings regel' som postulerer paritet mellom realavkastningen på finansformue og formue i form av ikke-fornybare naturressurser; jf. Hotelling (1931). Permanentinntekten blir dermed 528 mrd. kroner per år, (= 0,03 ×14293 + 0,03× 3300), i referansescenarioet.

Figur 4 viser at utviklingen i permanentinntekten og handelsunderskuddet for Fastlands-Norge har fulgt hverandre over tid, 1995k1–2023k1. Tidsserien for perm-

[16]For enkelhets skyld antar vi at nåverdien av tilgjengelige petroleumsressurser som tilfaller (norsk) privat sektor og privat sektors negative nettofordringer på utlandet i stor grad utligner hverandre; privat sektor samlet har negative nettofordringer på utlandet. Summen av SPU og nåverdien av petroleumsressursene som tilfaller staten, behøver derfor ikke å avvike mye fra Norges samlede nettofordringer overfor utlandet. En presis allokering av nåverdien av tilgjengelige petroleumsressurser til innenlandsk privat sektor ville kreve data og forutsetninger om innenlandske og utenlandske selskapers andel av fremtidig petroleumsproduksjon i Norge, uten at det nødvendigvis ville tilføre mye til analysen.



Figur 4: *Handelsunderskuddet for Fastlands-Norge (TD) og permanentinntekten (PI) fra SPU og statens andel av nåverdien av gjenværende petroleumsressurser i perioden 1995k1-2023k1. Begge er målt som andeler av Fastlands-BNP (YMN) i prosent. Datakilder: NBIM og Finansdepartementet*

anentinntekten som vises i figuren er beregnet som antatt gjennomsnittlig realavkastning på summen av løpende markedsverdier av SPU og løpende nåverditall for gjenstående petroleumsressurser. De løpende markedsverdiene av SPU er hentet fra NBIMs kvartals- og halvårsrapporter, mens de årlige nåverditallene for gjenværende petroleumsressurser er hentet fra reviderte nasjonalbudsjetter for de ulike årene og kvartalisert ved å dele på fire. For årene frem til 2013, har vi antatt en gjennomsnittlig realavkastningsrate på 4 prosent, og 3 prosent for årene etter.[17]

5 Likevektskursen under ulike scenarioer

For å avlede likevektskursen under ulike scenarioer der permanentinntekten påvirkes av klimarisiko, bruker vi log-transformerte versjoner av likningene for import og eksport, (1) og (2), der antatte verdier på pris- og inntektselastisiteter og trendvekstrater blir pålagt.[18] Baner for likevektskursen i hver av scenarioene følger av

[17] Jf. NOU (2016:20): *Aksjeandelen i Statens pensjonsfond utland*. Finansdepartementet.

[18] Konstantleddene i begge likningene som de eneste ukjente parameterene blir estimert på kvartalsdata for perioden 2021k1-2022k4. En kort estimeringsperiode bidrar til å redusere avvikene mellom faktiske og modellpredikerte verdier på importen og eksporten, og dermed til rimelige startverdier på disse i simuleringene over perioden 2023–2080.

Tabell 2: *Endringer i permanentinntekten under ulike klimarisikoscenarier*

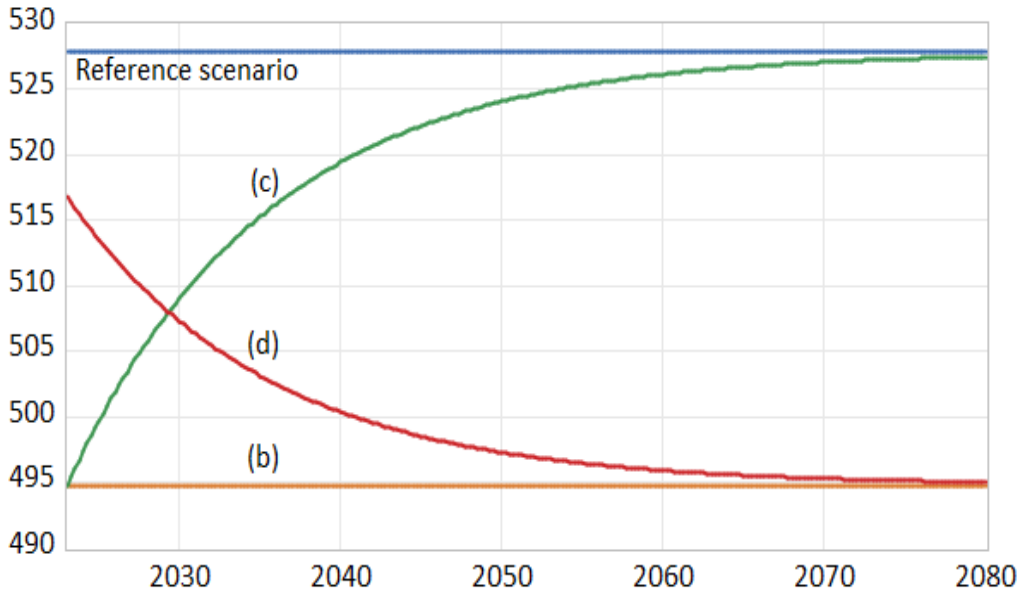
Scenario		ΔW	r_{fond}	r_{sokkel}	PI
(ref.s.)	0	: 0	3%	3%	528 mrd.
(a)	-1/10	: - 330 mrd.	3%	3%	518 mrd.
(b)	-1/3	: -1100 mrd.	3%	3%	495 mrd.
(c)	0	: 0	3%	2%	495-528 mrd.
(d)	-1/3	: -1100 mrd.	3%	4%	517-495 mrd.

Note: Permaneninntekten (PI) i referansescenarioet (ref.s.) og i fire andre scenarioer (a)–(d), der permanentinntekten endres som følge av nedskrivninger av petroleumsformuen og endringer i avkastningen på petroleumsressursene, r_{sokkel}. Avkastningen på SPU er i r_{fond}-kolonnen, mens PI-kolonnen angir permanentinntekten i de ulike scenarioene. I referansescenarioet antas permanentinntekten å være lik 528 mrd. kroner (= 0,03× 14293 + 0,03 × 3 300) per år, mens den i scenarioene (a) og (b) er henholdsvis 518 (= 0,03× 14293 + 0,03 ×(1−1/10)× 3300) mrd. kroner og 495 (= 0,03× 14293 + 0,03 ×(1−1/3)× 3300) mrd. kroner per år. I scenario (c) øker permanentinntekten fra 495 mrd. kroner per år til 528 mrd. kroner per år i løpet av simuleringsperioden ettersom $r_{sokkel} = 2\%$ og $r_{fond} = 3\%$, mens den i scenario (d) faller fra 517 mrd. kroner per år til 495 mrd. kroner per år i løpet av simuleringsperioden ettersom en tredjedel av petroleumsformuen nedskrives og den gjenstående overføres til SPU der $r_{fond} = 3\%$, mens $r_{sokkel} = 4\%$.

kravet om at handelsunderskuddet til enhver tid skal være lik permanentinntekten i det tilhørende scenarioet over hele simuleringshorisonten: 2023–2080. Tidsutviklingen i permanentinntekten påvirkes av forskjeller i de antatte (gjennomsnittlige) realavkastningene på SPU og petroleumsressursene, samt av hvor raskt petroleumsressursene utvinnes og overføres til SPU.

Tabell 2 definerer fire hypotetiske scenarioer der permanentinntekten påvirkes som følge av klimarisiko, samt ett referansescenario der den ikke påvirkes. Det antas at skift i preferanser, klimapolitikk og/eller teknologiske endringer bidrar til en nedskrivning av petroleumsressurser og/eller endringer i avkastningen på dem.

I scenarioene (a) og (b) antar vi at nåverdien av gjenværende petroleumsressurser faller med henholdsvis en tiendedel og en tredjedel, mens realavkastningen på SPU og petroleumsressursene forblir som i referansescenarioet, 3 prosent. Scenario (b) kan også tolkes som et scenario der gjenstående petroleumsressurser avskrives med noe over en tiendedel, og SPU opplever et verdifall på 650 mrd. kroner på grunn av overgangsrisikoen ved 1,5-gradersmålet; jf. tabell 1. Alternativt kan dette scenarioet tolkes som at petroleumsressursene avskrives med en tiendedel, og SPU opplever et samlet verdifall på 770 (=1100 −330) mrd. kroner som følge av fysisk og/eller overgangsrisiko ved et temperaturmål på under 2 grader.



Figur 5: *Permanentinntekten over simuleringshorisonten 2023–2080 i scenarioene (b), (c), (d) og referansescenarioet (ref.s.). Permanentinntekten i scenario (a), som ikke vises eksplisitt i figuren, er lik 518 mrd. kroner og er, i likhet med den i referansescenarioet, konstant over hele simuleringshorisonten. Halveringstiden på tilgjengelige petroleumsressurser, som også angir hvor raskt verdien av dem overføres til SPU, antas å være nær 8 år. I scenarioene (b) og (c) blir henholdsvis nåverdien på petroleumsreservene (3300 mrd. kroner) og avkastningen på dem nedjustert med 1/3. I scenario (d) nedjusteres nåverdien av petroleumsreservene med 1/3, mens avkastningen på de tilgjengelige ressursene øker med 1/3 til 4 prosent. Se tabell 2 for detaljer.*

Permanentinntekten i scenarioene (a) og (b) påvirkes ikke av hvor raskt petroleumsressursene utvinnes og verdien overføres til SPU ettersom den antatte realavkastningen på dem er den samme. Den blir lik 518 mrd. kroner årlig i scenario (a) og 495 mrd. kroner årlig i scenario (b) over hele simuleringshorisonten.

I scenario (c) antar vi at nåverdien av petroleumsressursene holder seg uendret, til tross for at realavkastningen på ressursene faller med en tredjedel, fra 3 prosent til 2 prosent per år. I tillegg antar vi at petroleumsressursene utvinnes og verdien overføres til SPU i et tempo som tilsvarer en halveringstid på nær 8 år for tilgjengelige petroleumsressurser; jf. figur 2. Scenario (c) kan tolkes som et scenario der ressursbasen vokser på grunn av økt utvinningsgrad, mens realveksten i petroleumsprisene faller på grunn av for eksempel lavere vekst i petroleumsetterspørselen.

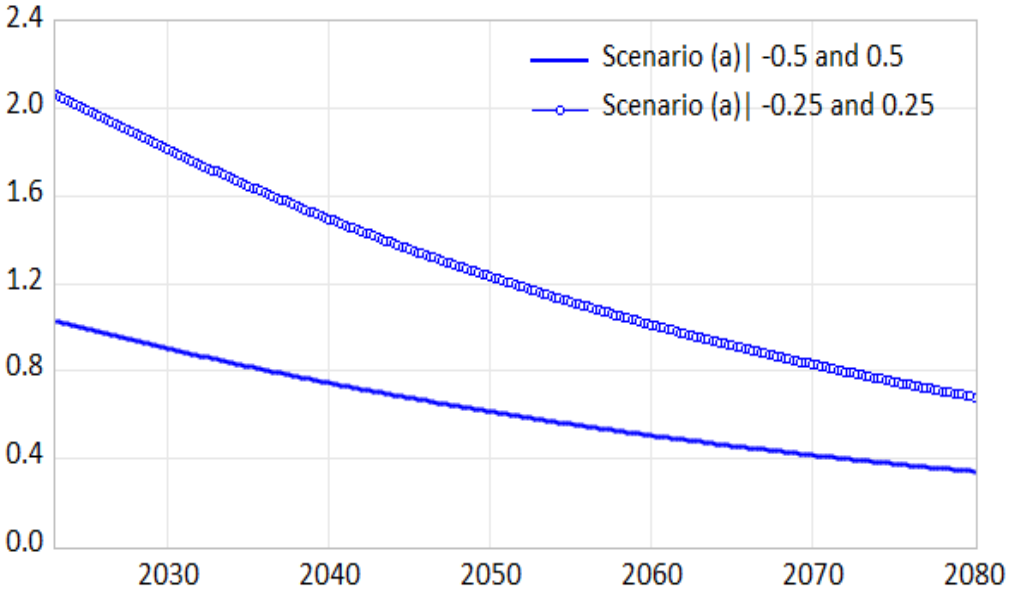
Ved et fall i realavkastningen på ressursene med en tredjedel faller permanentinntekten initielt med det samme som ved nedgangen i nåverdien av petroleumsressursene med en tredjedel; jf. scenario (b). Etter hvert som petroleumsressursene

utvinnes og overføres til SPU som har relativ høyere avkastning, øker permanentinntekten. Den konvergerer mot nivået på permanentinntekten i referansescenarioet der petroleumsressursenes verdi overført i sin helhet til SPU får samme høye realavkastningsrate.

Figur 5 viser utviklingen i permanentinntekten i scenario (c) over hele simuleringshorisonten. Permanentinntekten per år starter med 495 mrd. kroner som i scenario (b), men stiger gradvis til nivået i referansescenarioet, 528 mrd. kroner. Desto raskere utvinning av gjenstående petroleumsressurser og overføring av deres verdi til SPU, desto raskere vil permanentinntekten konvergere til nivået i referansescenarioet.

I scenario (d) antar vi at petroleumsressursene nedskrives med en tredjedel, mens realavkastningen på petroleumsressursene stiger til 4 prosent per år, for eksempel på grunn av nedgangen i petroleumstilbudet. I begynnelsen blir nedgangen i permanentinntekten som følge av nedskrivningen av petroleumsressursene i stor grad oppveid av oppgangen i avkastningen på de tilgjengelige petroleumsressursene. Permanentinntekten i dette scenarioet blir i begynnelsen tilnærmet lik permanentinntekten i scenario (a) der bare en tiendedel av nåverdien går ned; se bane (d) i figur 5. Etter hvert som petroleumsressursene utvinnes og verdien overføres til SPU som har relativ lavere avkastning, faller permanentinntekten. Den konvergerer mot nivået på permanentinntekten i scenario (b) der de tilgjengelige petroleumsressursene overføres til SPU og får samme forholdsvis lavere realavkastningsrate (3 prosent).

Figur 6 viser den prosentvise svekkelsen av likevektskursen over perioden 2023–2080 i scenario (a) i forhold til likevektskursen i referansescenarioet for alternative priselastisiteter. Likevektskursen kan bli opptil én prosent svakere enn likevektskursen i referansescenarioet dersom vi legger til grunn priselastisitetene -0,5 og 0,5 for henholdsvis import og eksport, men med mer enn det dobbelte dersom prisfølsomheten halveres til -0,25 og 0,25. Svekkelsen blir mindre for priselastisiteter større enn 0,5 i absoluttverdi. For eksempel, for priselastisitetene -2 og 2, blir svekkelsen tilnærmet en fjerdedel av svekkelsen for priselastisitetene -0,5 og 0,5 (ikke vist).

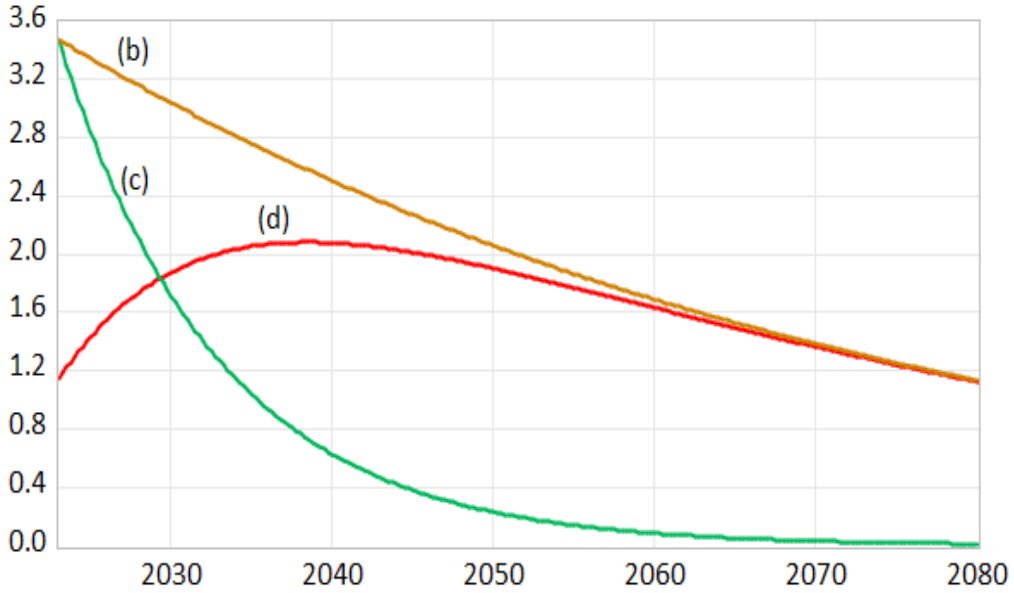


Figur 6: *Prosentvis svekkelse av likevektsrealvalutakursen i scenario (a) for to tilfeller av prisfølsomhet for import og eksport. I det ene tilfellet er prisfølsomheten henholdsvis -0,5 for import og 0,5 for eksport. I det andre tilfellet er prisfølsomheten henholdsvis -0,25 for import og 0,25 for eksport. Det forutsettes intern balanse definert ved trendvekst lik 2 prosent per år både i Norge og hos handelspartnerne i disse og i de øvrige scenarioanalysene. Svekkelsen er beregnet som prosentvis avvik mellom likevektskursen i scenario (a) i forhold til likevektskursen i referansescenarioet (for like sett av priselastisiteter).*

Svekkelsen av likevektskursen er større på kortere sikt enn på lengre sikt. Det indikerer at nedskrivningen av petroleumsressursene har avtakende betydning for realvalutakursen. Dette er konsistent med den generelt sett avtakende betydningen av permanentinntekten i forhold til importen som antas å vokse over tid med trendveksten i Fastlands-BNP; jf. likning (5).

I det følgende legger vi til grunn priselastisitetene -0,5 og 0,5 og fokuserer på betydningen av endringer i inntektene fra petroleumsressursene og hvor raskt disse ressursene utvinnes og deres verdi omplasseres i SPU. Figur 7 viser likevektskursen i scenarioene (b), (c) og (d), målt som prosentvise avvik fra likevektskursen i referansescenarioet.

Gitt vår lineære modell, blir svekkelsen i likevektskursen i scenario (b) omlag tre ganger større enn i scenario (a) over simuleringshorisonten; jf. heltrukken kurve i figur 6. Svekkelsen i likevektskursen i scenario (c) blir i utgangspunktet som i scenario (b), men avtar etterhvert som permanentinntekten øker med overføringene av de gjenstående petroleumsressursene til SPU som antas å ha relativ høyere avkastning.



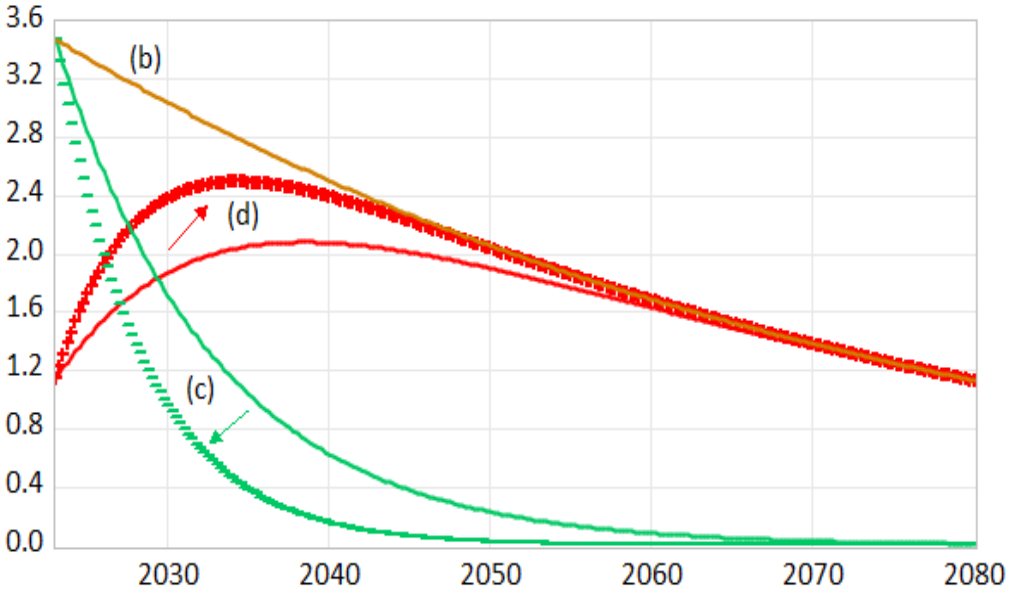
Figur 7: *Prosentvis svekkelse av likevektskursen i scenarioene (b), (c) og (d) i forhold til likevektskursen i referansescenarioet (ref.s.) over tidsperioden 2023–2080. Det antas en halveringstid på 8 år for tilgjengelige verdier av petroleumsressursene i alle scenarioene.*

Figur 8 antyder at svekkelsen kan bli kortvarig dersom utvinningstempoet blir høyt nok.

I scenario (d) blir svekkelsen i likevektskursen i begynnelsen omlag som i scenario (a). Deretter blir svekkelsen større etter hvert som verdien av tilgjengelige petroleumsressurser med 4 prosent realavkastningsrate omplasseres i SPU som har 3 prosent realavkastningsrate. Når omplasseringen er fullført blir likevektskursen som i tilfellet med scenario (b) og den fulle effekten av en tredjedels nedskrivning av petroleumsressursene blir synlig på likevektskursen.

Analysen ovenfor illustrerer at det har stor betydning for (permanentinntekten og) likevektskursen om nedgangen i utvinningen av petroleumsressursene sammenfaller med en økning i realavkastningen på tilgjengelige petroleumsressurser eller et fall. Hvor mye realavkastningen endrer seg vil blant annet avhenge av om, og hvordan, politiske og/eller teknologiske endringer påvirker tilbuds- og etterspørselssidene i petroleumsmarkedet. Når det er ulik realavkastning på SPU og petroleumsressursene, har det stor betydning for likevektskursen hvor raskt verdiene av petroleumsressursene omplasseres i SPU.

I scenarioanalysene ovenfor har vi forutsatt at avskrivningene av petroleumsre-



Figur 8: *Betydningen av alternative utvinningstakter/halveringstider for likevektskursen over tidsperioden 2023–2080. Den vertikale aksen viser prosentvis svekkelse av likevektskursen i scenarioene (b), (c) og (d) i forhold til likevektskursen i referansescenarioet (ref.s.) under halveringstidene 8 år og 4 år (stiplede likevektskursbaner). Halveringstiden har ikke betydning i scenario (b) med like avkastningsrater, ettersom permanentinntekten ikke påvirkes av overføringer av petroleumsressursenes verdi til SPU.*

servene og avkastningsendringene skjer momentant uten å ta hensyn til tidsforsinkelser mellom beslutnings-, annonserings- og implementeringsfasene, ved for eksempel politikkendringer. Skiftene i likevektskursen har derfor vært momentane. Empiriske studier av sammenhengen mellom realvalutakurser og petroleumsoppdagelser viser imidlertid tidsforsinkelser på flere år mellom petroleumsoppdagelser og realvalutakursendringer som kan relateres til disse; se Harding et al. (2020) og Arezki et al. (2017). Petroleumsoppdagelser kan betraktes som det motsatte av avskrivninger av petroleumsreserver. Disse studiene impliserer at virkningene på realvalutakurser først kan bli merkbare når eventuelle utvinningsrestriksjoner faktisk fører til redusert petroleumsproduksjon.

6 Oppsummering

Klimarisiko kan tenkes å medføre et verditap på petroleumsressurser både gjennom utvinningsrestriksjoner og ved å redusere deres avkastning. Klimarisiko kan også føre til en reduksjon i SPUs verdi. Vi har undersøkt effektene av klimarisko på

likevektsrealvalutakursen, FEER, for Norge gjennom scenarioanalyser. Disse scenarioene er basert på forskjellige antakelser om utvinningsrestriksjoner, hastigheten på overføringen av verdier fra gjenstående petroleumsressurser til SPU, og forventede realavkastningsrater for både petroleumsressurser og SPU.

Vår analyse tyder på en begrenset svekkelse av likevektsrealvalutakursen under flere av scenarioene. Den viser at svekkelsen av likevektsrealvalutakursen øker med omfanget av utvinningsrestriksjoner, nedgangen i realavkastningen på petroleumsressursene i forhold til realavkastningen på SPU, og i såfall hvor sakte utvinningene av petroleumsressursene og verdioverføringene til SPU skjer.

Ifølge analysen kan en økning i realavkastningen på petroleumsressursene som sammenfaller med utvinningsrestriksjoner bidra til å oppveie helt eller delvis effektene av disse på likevektsrealvalutakursen. Dersom realavkastningen på petroleumsressursene faller i forhold til realavkastningen på SPU, kan en økning i utvinningstempoet redusere både kurssvekkelsen og varigheten av den.

I denne studien har vi begrenset oss til å fokusere på potensielle effekter av klimarisiko på petroleumsressursene, og til en viss grad på SPU. En mer helhetlig analyse bør vurdere de samlede virkningene av klimarisiko på både den norske økonomien og økonomiene til handelspartnerne. Det er ikke opplagt at norsk økonomi samlet sett er mer utsatt for klimarisiko enn økonomiene til handelspartnerne. Klimarisiko kan derfor, i motsetning til hva vår partielle analyse antyder, medføre en sterkere snarere enn en svakere likevektsrealvalutakurs.

Referanser

Akram, Q. F. (2004). Oil wealth and real exchange rates: The FEER for Norway. Working Paper 16/2004, Norges Bank.

Akram, Q. F. (2006). PPP in the medium run: The case of Norway. *Journal of Macroeconomics 28*(4), 700–719.

Akram, Q. F. (2024). Klimarisiko og kronekursen. Staff Memo 4/2024, Norges Bank.

Arezki, R., V. A. Ramey, and L. Sheng (2017). News shocks in open economies: Evidence from giant oil discoveries. *The Quarterly Journal of Economics 132*, 103–55.

Asheim, G. B., T. Fæhn, K. Nyborg, M. Greaker, C. Hagem, B. Harstad, M. O. Hoel, D. Lund, and K. E. Rosendahl (2019). The case for a supply side climate treaty. *Science 365*(6451), 325–327.

Aune, R., Å. Cappelen, and S. Mæland (2020). Konsekvenser av redusert petroleumsvirksomhet. Reports 38, Statistics Norway.

Balassa, B. (1964). The purchasing-power parity doctrine: A reappraisal. *Journal of Political Economy 72*(6), 584–596.

Bems, R., L. Juvenal, W. L. Liu, and M. Warwick (2024). Climate policies and external adjustment. Discussion paper 19350, CEPR.

Benedictow, A. and R. Hammersland (2023). Transition risk of a petroleum currency. *Economic Modelling 128*(C).

Bjørnland, H. C., L. A. Thorsrud, and R. Torvik (2019). Dutch disease dynamics reconsidered. *European Economic Review 119*, 411–433.

Bjørnland, H. C., L. Brubakk, and N. Maffei-Faccioli (2024). Piecing the puzzle: Real exchange rates and long-run fundamentals. Working Paper 21/2024, Norges Bank.

Bussière, M., G. Gaulier, and W. Steingress (2020). Global trade flows: Revisiting the exchange rate elasticities. *Open Economies Review 31*, 25–78.

Carlin, D., M. Arshad, I. Hurst, D. Holland, and I. Liadze (2022). Economic impacts of climate change: Exploring short-term climate related shocks for financial actors with macroeconomic models. Report, UN Environment Programme - Finance Initiative and NIESR.

Cheema-Fox, A., G. Serafeim, and H. Wang (2021). Climate change vulnerability and currency returns. Working Paper 19 May, Harvard Business School and State Street Associates.

Driver, R. L. and P. F. Westaway (2005, January). Concepts of equilibrium exchange rates. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=723981.

Finansdepartementet (2021). Perspektivmeldingen 2021. Meld. St. 14 (2020-2021), Finansdepartementet.

Goodhart, C. and M. Pradhan (2020). *The Great Demographic Reversal*. Palgrave MacMillan, Switzerland.

Harding, T., R. Stefanski, and G. Toews (2020). Boom goes the price: Giant resource discoveries and real exchange rate appreciation. *The Economic Journal 130*, 1715–28.

Hotelling, H. (1931). The economics of exhaustible resources. *Journal of Political Economy 39*, 137–175.

Imbs, J. and I. Méjean (2015). Elasticity optimism. *American Economic Journal: Macroeconomics 7*(3), 43–83.

IMF (2015). *Exchange Rates and Trade Flows: Disconnected?*, Chapter 3, pp. 105–199. Washington, DC: International Monetary Fund.

Isard, P. (2007, December). Equilibrium exchange rates: assesment methodologies. Working Paper 296, IMF.

Itskhoki, O. (2021). The story of the real exchange rate. *Annual Review of Economics 13*, 423–455.

Kapfhammer, F., V. H. Larsen, and L. A. Thorsrud (2020). Climate risk and commodity currencies. Working Paper 18, Norges Bank.

MacDonald, R. and P. B. Clark (1998, May). Exchange rates and economic fundamentals: A methodological comparison of beers and feers. Technical Report 67.

Marquez, J. (2002). *Estimating Trade Elasticities*. Springer Science & Business Media, US.

Muttitt, G. (2016). The Sky's limit: Why the Paris climate goals require a managed decline of fossil fuel production. eBook, Oil Change International.

Naug, B. E. and E. Nordbø (2018). Hvor mye drahjelp har vi fått av kronesvekkelsen? del 2. https://www.norges-bank.no/bankplassen/arkiv/2018/hvor-mye-drahjelp-har-vi-fatt-av-kronesvekkelsen-del-2/.

NBIM (2021). Klimarisiko i Statens pensjonsfond utland. Brev til Finansdepartementet 2. Juli, Norges Bank.

Obstfeld, M. and K. Rogoff (1996). *Foundations of International Macroeconomics*. MIT Press.

Peng, L., Z. Pan, C. Liang, and M. Umar (2023). Exchange rate volatility predicatbility: A new insight from climate policy uncertainty. *Economic Analysis and Policy 80(C)*, 688–700.

Rogelj, J., A. Popp, K. Calvin, and et al. (2018). Scenarios towards limiting global mean temperature increase below 1.5^{o}C. *Nature Climate Change 8*, 325–332.

Samuelson, P. A. (1964). Theoretical notes on trade problems. *The Review of Economics and Statistics 46*(2), 145–154.

Semieniuk, G., P. B. Hoden, J.-F. Mercure, P. Salas, H. Pollitt, K. Jobson, P. Vercoulen, U. Chewpreecha, N. R. Edwards, and J. E. Viñuales (2022). Stranded

fossil-fuel assets translate to major losses for investors in advanced economies. *Nature Climate Change 12*(June), 532–538.

Taylor, A. M. and P. M. Taylor (2004). The purchasing power parity debate. *Journal of Economic Perspectives 18*(4), 135–158.

Welsby, D., J. Price, S. Pye, and P. Ekins (2021). Unextractable fossil fuels in a 1.5 ^{o}C world. *Nature 597*(9 September), 230–234.

Winkler, R. (2022). Too hot to handle: the climate risk premium in FX. FX Special Report August, Deutsche Bank.