

DREAM

Danish Research Institute for  
Economic Analysis and Modelling



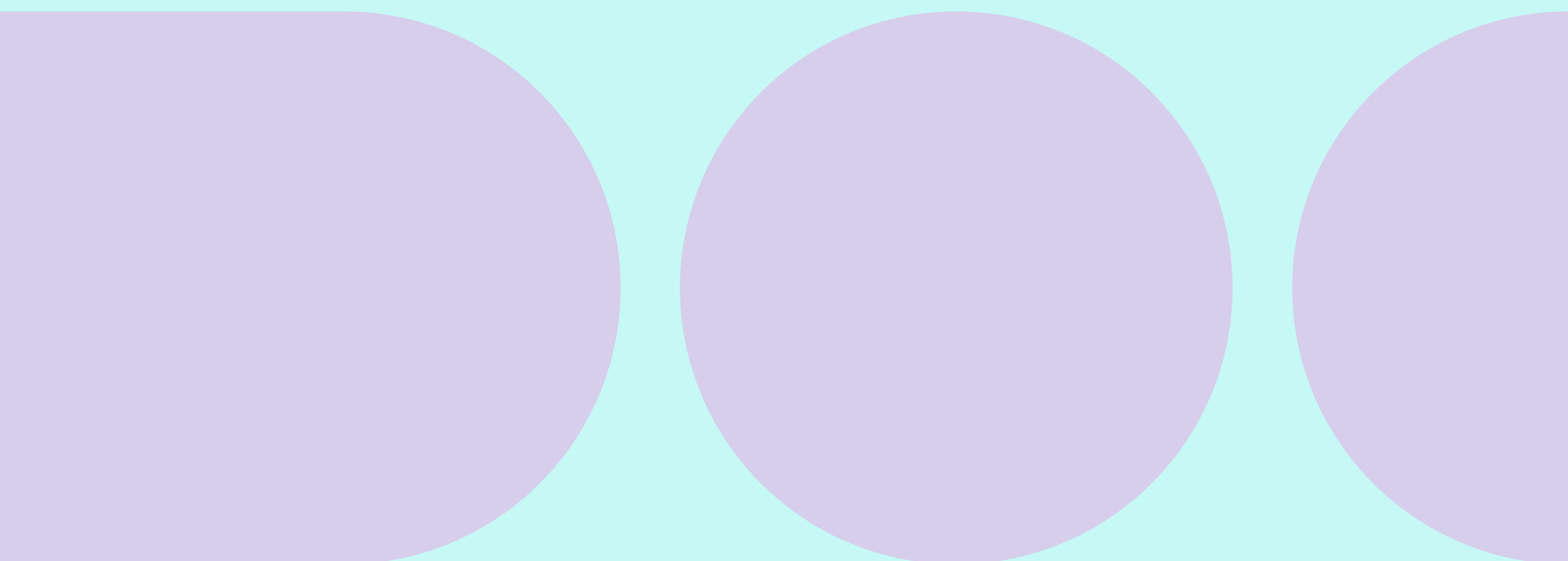
# Det empiriske grundlag for MAKRO

Anders Kronborg, Grane Høegh, Peter Stephensen, Martin Bonde og Joao Ejarque

Dokumentationsnotat

3. december 2021

[www.dreamgruppen.dk](http://www.dreamgruppen.dk)



# Indhold

<b>1.</b>	<b>Overordnet empirisk tilgang</b> .....	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Fastlæggelse af parametre i MAKRO</b> .....	<b>10</b>
2.1	Overordnet om fastlæggelsen af parametre .....	11
2.2	Fastlæggelse af særskilt estimerede adfærdsparametre .....	12
2.3	Fastlæggelse af matchede adfærdsparametre .....	19
2.4	Centrale stød til MAKRO: Samlet empirisk fundering af modellens egenskaber.....	25
2.5	Fastlæggelse af niveauparametre: Kalibrering til historisk data og fremskrivning .....	29
<b>3.</b>	<b>Referencer</b> .....	<b>32</b>

# 1. Overordnet empirisk tilgang

## MAKROs anvendelsesområder og valg af modeltype

MAKRO er en stor empirisk makromodel, der skal kunne anvendes til flere forskellige formål. Disse formål er beskrevet i papiret *MAKRO: Oversigt over model og centrale modelleringsvalg*, hvor der også gives en ikke-teknisk indføring i MAKRO's teoretiske modellering af de centrale agents adfærd. I nærværende papir beskrives den valgte empiriske strategi, som afspejler de egenskaber og de specifikke krav, modellen er underlagt. Der gennemgås både nogle overordnede og konceptuelle overvejelser omkring modellen, samt nogle specifikke valg ift. empiri og modellering, som vedrører specifikt til betaversionen af MAKRO.

MAKRO's påtænkte anvendelse til Finansministeriets mellem- og langfristede fremskrivninger samt makroøkonomiske konsekvensvurderinger af økonomisk-politiske tiltag og eksogene stød indebærer for det første, at modellen skal kunne anvendes til at analysere økonomiens kort- og mellemsigtede tilpasning til de underliggende strukturelle niveauer.<sup>1</sup> Den skal derfor have empirisk og teoretisk velunderbyggede *kortsigtsegenskaber*. I moderne makroøkonomisk teori antages det typisk at agenterne har et element af mikrofunderet, fremadskuende adfærd. Dette antages også i MAKRO, hvilket blandt andet giver mulighed for at udskille adfærdsmæssige forskelle på midlertidige og permanente stød til modellen (jf. også diskussion i *MAKRO: Oversigt over model og centrale modelleringsvalg*).

For det andet skal modellen kunne benyttes som *langsigt- eller strukturmodel*. Efter en periode med konjunkturnormalisering skal modellen tilpasse sig til strukturelle niveauer, der ligeledes er empirisk og teoretisk velunderbyggede. På længere sigt tilpasser økonomien sig til de givne demografiske, uddannelsesmæssige og socioøkonomiske forhold såvel som teknologi, produktivitet og udlandsforhold mv. MAKRO genererer derfor et *grundforløb*, der kan ses som en fremskrivning af den danske økonomi.<sup>2</sup> Herved adskiller modellen sig fra DSGE-modeller, der typisk er definerede relativt til en steady-state. MAKRO er ikke initialt i steady-state og vil heller ikke på længere sigt være i steady-state på grund af de vedvarende bevægelser i demografi, arbejdsstyrke og evt. udland, som eksplicit indgår i modellen.

Som Finansministeriets primære værktøj til lange fremskrivninger og makroøkonomiske konsekvensanalyser vil MAKRO for det tredje skulle indeholde en detaljeret modellering af offentlige indtægter og udgifter, herunder en række skatter og afgifter samt udgifter til forskellige overførsler og offentligt forbrug. Som professionelt planlægnings- og budgetteringsværktøj skal modellens variable nøje svare til de tilsvarende variable i nationalregnskabet. Beregninger på afgifter på virksomhederne kræver fx en opdeling af input fra forskellige brancher og output til forskellige endelige anvendelseskomponenter. For indkomstskatter er en detaljeret modellering af husholdningernes opsparing og forbrug essentiel. Endvidere er demografien vigtig både for indkomstskatter, offentlige overførsler og offentligt forbrug.

Endelig kan det nævnes, at MAKRO indeholder en såkaldt *overlappende generationsstruktur*. Modellens husholdninger er opdelt på årgange, og for et givet år indeholder modellen således en fordeling af husholdningernes samlede forbrug, indkomst og formue på alderstrin.<sup>3</sup> Denne ekstra kompleksitet er værdifuld både i relation til det korte og det lange sigt. På kort

---

<sup>1</sup> MAKRO skal ikke anvendes som egentlig forecastmodel.

<sup>2</sup> I forbindelse med beta-versionen indgår et stiliseret og foreløbigt grundforløb, der primært tjener som grundlag for marginalstød for at illustrere modellens egenskaber. Der er ikke tale om en egentlig fremskrivning af dansk økonomi ved gældende eller vedtagen politik, og der er bl.a. ikke taget højde for corona-krisen.

<sup>3</sup> Aldersprofilerne er baseret på registerdata og afstemt, så det er konsistent med nationalregnskabet, se afsnit 2.2.

sigt vil der kunne opnås realistiske aldersvarierende marginale forbrugstilbøjeligheder. På længere sigt giver de overlappende generationer fine muligheder for at analysere reformer af arbejdsmarked, uddannelse og pensioner, og der opnås en nuanceret endogen bestemmelse af husholdningernes opsparing, formue og boligbeholdning.

Som det fremgår af ovenstående er MAKRO en kompleks model med mange delkomponenter. De enkelte delkomponenter er i videst mulig grad baseret på state-of-the-art modellering i den internationale litteratur. Arbejdsmarkedet er f.eks. et søge-matching-arbejdsmarked, husholdningerne er dels intertemporalt optimerende med fremadskuende forventninger, dels likviditetsbegrænsede, virksomhederne maksimerer deres værdi under kvadratiske installationsomkostninger osv.

MAKRO er i vid udstrækning mere kompleks, omfattende og ikke-lineær end den typiske DSGE-model. Årsagen til, at dette kan lade sig gøre er, at der i forhold til DSGE-modeller gøres en simplificerende antagelse i MAKRO: De fremadskuende agenter har (som udgangspunkt) modelkonsistente forventninger, men der er *ikke* eksplicit indbygget usikkerhed (stokastik) i modellen – og dermed heller ikke i agenternes optimeringsproblemer. For så vidt angår fraværet af stokastik er MAKRO simple end DSGE-modellerne, som indeholder stokastik på aggregeret niveau. Dette betyder på den ene side, at det er relativt uproblematisk at tilføje mange detaljer til modelleringen i MAKRO (samt at behov for linearisering omkring en steady-state ifm. løsning af modellen kan undgås). På den anden side vil betydningen af usikkerhed for husholdningernes og virksomhedernes beslutninger ikke være eksplicit modelleret.<sup>4</sup> Dette søges modvirket ved at indføre specifikke elementer i modelleringen på udvalgte områder, der kan trække agenternes adfærd i retning af, hvordan den ville være under eksplicit modelleret usikkerhed (*jf. også MAKRO: Oversigt over model og centrale modelleringsvalg*). Dette er f.eks. risikopræmier i virksomhederne, gældskvoter i virksomhederne og husholdningerne og et element af forsigtighedsopsparing i husholdninger (fri nettoformue indgår i nyttefunktionen).

Samtidig bemærkes, at det i høj grad kan være usikkerhed på mikroniveau (som heller ikke indgår i DSGE-modeller), der påvirker de enkelte husholdninger og virksomheders adfærd. Fx er usikkerheden om livsindkomsten for en yngre person i højere grad drevet af usikkerhed om den enkeltes langsigtede udsigter for bl.a. løn og beskæftigelse end af makroudsving – og denne individuelle usikkerhed medfører i modeller som fx Carroll (2001) et forsigtighedsmotiv, som er medvirkende til, at forbruget også for rationelle agenter i betydelig grad følger indkomsten over livet. Da detaljeret modellering af usikkerhed på mikroniveau ikke kan indbygges i en stor makroøkonomisk model, er det for nuværende et vilkår, at mulige implikationer heraf må indbygges via approksimationer på mere aggregeret niveau.<sup>5</sup>

## Empirisk strategi for MAKRO

Den empiriske strategi for MAKRO er koncentreret omkring at sikre, at kortsigtsegenskaber for modellen som samlet system (især tilpasningshastigheder) og langsigtegenskaber (især

---

<sup>4</sup> Det bør her bemærkes, at der i den typiske anvendelse af DSGE-modeller (se fx: Eurokommissionens Quest III-model, Ratto et al, 2008; Danmarks Nationalbanks model, Pedersen 2016; det norske finansministeriums NORA-model, Aursland et al, 2019) foretages en (log-) linearisering af den ikke lineære DSGE-model. Når DSGE-modeller lineariseres medfører det, at der ses bort fra usikkerhedens betydning for agenternes adfærd (ligesom det er tilfældet i MAKRO), om end selve stokastikken bibeholdes.

<sup>5</sup> Aspekter omkring usikkerhed på mikroniveau medtages i litteraturen, der beskæftiger sig med modellering af heterogene agenter (HANK-modeller). Denne litteratur er dog dels fortsat på et relativt tidligt stadie ift. anvendelse i praksis, dels er modelleringen typisk delvis partiel og har et betydeligt mindre omfang en MAKRO (fx Kaplan et al, 2018).

diverse substitutionselasticiteter) er empirisk velunderbyggede. Som det fremgår af ovenstående, er det et centralt hensyn, at de anvendte estimationsmetoder i praksis kan anvendes i konteksten af en omfattende ikke-lineær model med fremadskuende adfærd.

Modellens kortsigtsegenskaber sikres ved at fastsætte modellens kortsigts- eller træghedsparametre, så økonomiens reaktioner på en række stød (såkaldte impuls-respons-funktioner, IR-funktioner) i MAKRO bedst muligt matcher tilsvarende empirisk estimerede reaktioner. Dette kaldes også for IR-matching og er en velkendt metode i DSGE-litteraturen, hvor den bruges som alternativ til (bayesiansk) maximum likelihood estimation. Størstedelen af de empiriske IR-funktioner kommer fra estimerede SVAR-modeller.

Konkret udføres IR-analyser defineret omkring efterspørgselsstød (offentligt forbrug og udenlandsk efterspørgsel), udbudsstød (arbejdsudbud) samt stød, der indeholder både udbuds- og efterspørgselselementer (oliepris og den pengepolitiske rente i euro-området). Ud fra disse empiriske analyser beregnes IR-funktioner, der beskriver økonomiens umiddelbare reaktioner samt tilpasningshastigheder for centrale makrovariable, når der stødes til systemet. Modellens kortsigtsparametre tilpasses, således at MAKRO har tilpasningsegenskaber, der svarer så godt som muligt til de empiriske IR-funktioner.

Modellens kortsigtsegenskaber verificeres herudover ved at holde dem op mod den eksisterende litteratur om kortsigtede marginale forbrugstilbøjeligheder ved midlertidige indkomststød mv.

Modellens langsigtsegenskaber sikres blandt andet via estimationerne af en lang række substitutionselasticiteter i virksomhedernes og husholdningernes efterspørgselssystemer. Til dette formål har modelgruppen udviklet en metode, der er baseret på et såkaldt Kalman-filter. Ved at udvide en klassisk fejlkorrigeringsmodel med denne algoritme har man automatiseret de ellers ret antagelsestunge vurderinger af den underliggende strukturelle udvikling i data. Udenrigshandelselasticiteterne estimeres med udgangspunkt i samme type af metode og data, som anvendes i internationale handelsmodeller. Ud over resultaterne fra disse konkrete estimationer inddrages generelt også relevante resultater og indsigter fra den eksisterende empiriske litteratur i fastlæggelsen af modellens parametre.

Bemærk, at den empiriske fundering af modellens kort- og langsigtsegenskaber således trækker på forskellige empiriske tilgange. Dette står i modsætning til klassiske fejlkorrigeringsmodeller, hvor langsigtseleasticiteter og tilpasningshastigheder ofte estimeres ved én samlet estimation. Det er vurderingen, at en sådan opdeling i MAKRO er hensigtsmæssig af flere årsager. For det første er det et kendt problem, at kvantitet og kvalitet af data kan gøre det vanskeligt at bestemme både langsigtseleasticiteter og tilpasningshastigheder i samme estimation. Løsningen er relativt ofte at fastsætte enten tilpasningshastigheden eller en langsigtseleasticitet eksogent, hvilket ikke nødvendigvis er tilfredsstillende i en model, der skal have empirisk velunderbyggede egenskaber på kort og langt sigt. For det andet, er der som tidligere nævnt et element af fremadskuende adfærd i mange af MAKRO's relationer, som er et vigtigt element i moderne makroøkonomi. Det er vanskeligt at estimere sådanne relationer baseret på klassisk enkeltligningsestimation.

Med MAKRO tilstræbes således bedst mulig overensstemmelse med tilgængelig empiri ud fra en bred tilgang. I formuleringen "bred tilgang" ligger, at der både trækkes på anerkendte resultater fra litteraturen, egne estimationer af bestemte adfærdsparametre og en empirisk fundering af de samlede modelegenskaber/økonomiens tilpasningstid ved stød til centrale makrovariable. De empiriske SVAR-modeller, der ligger til grund for sidstnævnte, er i høj grad teoretiske og tillader derfor data at tale relativt frit i forhold til økonomiens reaktion på og tilpasning efter stød.

Der er dermed hverken tale om, at hele MAKRO estimeres som et samlet simultant system (dertil er modellen for stor og detaljeret) eller ved hjælp af særskilte estimationer af de enkelte ligninger, som derefter kombineres til en samlet model – men derimod som en kombination af metoder i en bred tilgang. Dette vurderes nødvendigt og hensigtsmæssigt i lyset af modellens detaljeringsgrad, det udbyggede teoretiske fundament, elementet af fremadskuenhed i forventningerne samt ønsket om en empirisk fundering af modellens tilpasningsegenskaber som samlet system.

### **MAKRO i forhold til mulige trade-offs mellem teori og empiri**

Af og til fremføres i dele af litteraturen om empiriske makromodeller, at der kan være et generelt *trade-off* mellem den vægt, der i modelbygningen lægges på teori henholdsvis empiri (jf. fx Wren-Lewis, 2019). Ganske vist bør dette rent principielt være en falsk modsætning: Som i andre videnskabelige discipliner skal økonomisk teori falsificeres eller bekræftes (i det mindste ikke modsiges) af relevant og grundig empiri – og der er derfor ikke nogen modsætning mellem god teori og empiri. I praksis kan der imidlertid inden for modelbygning godt opstå trade-offs på nogle stræk.

Det skyldes for det første, at det teoretiske grundlag for en model nødvendigvis må repræsentere en forsimpning af en yderst kompliceret virkelighed for at være håndterbar og for at kunne efterprøves empirisk. Samtidig er den økonomiske teoriforståelse endnu ufuldstændig og usikker på flere områder.

For det andet består den økonomiske empiri af mange tilgange, som hver for sig kan have fordele og ulemper, og hvor ingen enkelt tilgang nødvendigvis kan give de fulde svar (og hvor de forskellige tilgange i nogle henseender giver forskellige svar) – det omfatter blandt andet enkeltligningsestimationer på makrodata, SVAR-modeller, CVAR-modeller, bayesiansk estimation af DSGE-modeller, cross-country empiri og modeller estimeret på mikrodata eller disaggregeret niveau (herunder fx paneldata). Den empiriske vurdering af makroøkonomien er således også ufuldstændig og usikker, selv om forskellige metoder kan supplere hinanden. Valget af et udbygget teorigrundlag – fx fremadskuende forbrugere i et livscyklusperspektiv – kan udelukke bestemte empiriske metoder, fx enkeltligningsestimation af en traditionel forbrugsfunktion.

I Pagan (2003) er præsenteret en afvejning mellem hensynet til empirisk grundlag og teoretisk stringent og konsistent modellering. Alle seriøse modeller vægter empiri højt og forsøger samtidig i videst muligt omfang at være teoretiske stringente. Vægten på de to kan dog variere. DSGE-modeller har typisk et meget stort fokus på teoretisk konsistens, mens traditionelle makroøkonometriske modeller (SEM-modeller) har primært fokus på den historiske forklaringsgrad af modellens ligninger. Selvom det teoretiske fundament for MAKRO er mere stringent og konsistent end traditionelle makroøkonometriske modeller, vægtes hensynet til empirien højere end fuldkommen teoretisk konsistens.

Med hensyn til det empiriske grundlag kan vægtningen endvidere opdeles i empirisk grundlag for den enkelte adfærdsligning, og empirisk grundlag for de samlede modelegenskaber. MAKRO vægter det empiriske grundlag for de samlede modelegenskaber højt – også højere end den historiske forklaringssevne for den enkelte adfærdsligning (fx høj  $R^2$  mv.). Sidstnævnte er typisk i fokus ved de enkeltligningsestimationer, som traditionelle makroøkonometriske modeller er baseret på.

Et stort fokus på en høj forklaringsgrad for historiske data kan trække i retning af mange enkeltligningsestimationer med udvalgte forklarende variable, hvor estimationsligningerne ikke direkte udledes fra eksplicite optimeringsproblemer men specificeres mere frit. Tilgangen rummer kendte risici for ad hoc tilpasninger, evt. overfitting og ustabile relationer. Endvidere

repræsenterer mangel på gode data for forventninger en udfordring (i form af en udeladt variabel), som ofte "løses" med antagelser om tilbageskuende forventningsdannelse. Erfaringerne både i Danmark og internationalt har ikke sjældent været, at relationer, der oprindeligt virkede godt bestemt med høj forklaringsgrad, efterfølgende er brudt ned og har måttet justeres, genestimeres eller helt ændres (dette er en almindelig del af arbejdet med makroøkonometriske modeller). Samtidig har der med denne tilgang sjældent været et sideløbende, udbygget grundlag for at vurdere de samlede modelegenskaber. Endelig er tilgangen (dvs. uden eksplicit optimerende adfærd) ikke robust over for den såkaldte Lucas-kritik, dvs. at adfærden kan ændre sig ved stød, der ligger uden for det historiske erfaringsområde, eller ved strukturelle ændringer af fx politik-regimet.

Omvendt kan et stort fokus på teoretisk konsistens i adfærdsmodelleringen, hvilket ofte kræver udstrakte forsimplinger for at opnå håndterbare modelleringer af optimerende adfærd, risikere at ende i forklaringer på historiske udviklinger, der i nogle tilfælde kan fremstå konstruerede eller over-forsimplende, hvilket der er eksempler på i DSGE-litteraturen. Sådanne modeller, der typisk er i begrænset skala, kan til gengæld i vidt omfang estimeres som system vha. (bayesiansk) maximum likelihood, når de ellers kombineres med kalibrering af udvalgte parametre til repræsentative estimater fra litteraturen. Sådanne systemestimation kan håndtere fremadskuenhed i forventningsdannelsen – i det mindste rent teknisk – og modvirke eventuel forurening af parameterestimater fra simultaneitetsbias eller udeladte variable, som af mange fremhæves som et problem, der let kan plage modeller baseret på enkeltligningsestimationer. Systemestimation er dog typisk ikke tilstrækkelig informativ til at fastlægge alle parametre i (selv forholdsvis små) DSGE-modeller, hvorfor tilgangen som nævnt må suppleres med anden information – og er afhængig af kvaliteten heraf. Herunder kan det i estimationen være nødvendigt at lægge nogle relativt strenge begrænsninger på værdierne af nogle af parametrene (via såkaldte *priors*), hvilket gør estimationen af disse mindre datadrevet.

På tilsvarende vis er der også både fordele og ulemper ved den valgte tilgang til empirisk fundering af MAKRO. De relationer og parametre, der estimeres via enkeltligningsestimation, kan vise sig udsat for nogle af de ovennævnte problemer, eksempelvis med tendens til relationer, der viser sig at være ustabile over tid. De parametre, der fastlægges på baggrund den generelle litteratur, kan risikere at være påvirket af modelbyggerens subjektive holdninger og kvaliteten af de metoder, der er anvendt i de pågældende studier. Endeligt vil parametre, der fastsættes ud fra matching til estimerede IR-funktioner (hvilket kan betragtes som en form for delvis systemestimation) naturligt være udsat for den usikkerhed, der knytter sig til estimationerne heraf. Denne usikkerhed knytter sig – lige som det er tilfældet ved andre estimationer – bl.a. til den generelle varians i data, valget af variable (og indflydelsen af udeladte variable), der indgår i de anvendte SVAR, de antagelser, der ligger til grund for identifikationen og fortolkningen af forskellige stød til økonomien, samt de ændringer i resultater, der kan fremkomme, når nye data bliver tilgængelige.

Som tilgang til systemestimation vurderes matching til estimerede IR-funktioner at have en række fordele fsva. transparens og fortolkning. Den tydelige skillelinje mellem modellen (MAKRO) og de empiriske resultater (primært SVAR), der matches til, gør valget af sidstnævnte transparent. Metoden tillader endvidere umiddelbar visuel inspektion af, hvor godt matchingen af de empiriske resultater lykkes – herunder på hvilke områder det lykkes godt, og på hvilke det lykkes mindre godt. Endeligt kan man fortolke resultaterne fra SVAR'ene og fra modellen hver for sig for at vurdere om afvigelser primært kan henføres til udfordringer i modelleringen eller i estimationen.

## Forventningsdannelse er central, men forventninger observeres ikke i historisk data

Forventningsdannelsen hos husholdninger og virksomheder er som bekendt central for økonomiens funktionsmåde og reaktion på stød, men forventningerne er i det store og hele ikke observerbare.

I traditionelle makroøkonometriske modeller sker estimationen af (de enkeltvise) adfærdsligninger på et historisk sample derfor typisk på baggrund af en antagelse om bagudskuende (statisk eller adaptiv) forventningsdannelse. Den historiske forklaringskraft af de estimerede adfærdsrelationer kan herefter forholdsvis let evalueres. Forudsætningen om bagudskuende forventningsdannelse kan dog være problematisk.<sup>6</sup> En tilsyneladende høj historisk forklaringsgrad i en adfærdsligning estimeret med denne forudsætning risikerer derfor at være misvisende, ligesom det kan medføre, at den estimerede sammenhæng kan vise sig at være ustabil, når mere data bliver tilgængeligt. Derudover vurderes fraværet af fremadskuenhed i forventningsdannelsen at være en høj pris at betale i forbindelse med modelleringen af en økonomi, som udsættes for en række forventede stød og undergår strukturelle udviklinger – eksempelvis den demografiske udvikling, indeksering af pensionsalderen mv.

De af MAKROs adfærdsrelationer, der indeholder led knyttet til agenternes forventninger, kan derfor som udgangspunkt ikke blot estimeres (enkeltvis) på historisk data. Det hænger dels sammen med, at forventningerne i økonomien (som nævnt oven for) er uobserverede variable, dels at det ikke med rimelighed kan lægges til grund, at fremadskuenhed agents forventninger historisk set har været fuldstændigt nøjagtige. Eksempelvis indikerede spørgeskemabaserede forbruger- og erhvervstillidsindikatorer, at forventningerne til den makroøkonomiske udvikling var alt for positiv inden finanskrisen i 2008.

Dette indebærer også, at den historiske forklaringskraft af de pågældende relationer ikke kan evalueres på samme måde, som det kan lade sig gøre i traditionelle makroøkonometriske modeller. Dette kan ses som en ulempe ved tilgangen i MAKRO, idet den historiske forklaringsgrad for en række adfærdsrelationer i modellen dermed er svær at uddrage og vurdere. Dette er imidlertid en nødvendig pris at betale for de fordele, der er ved tilgangen i MAKRO, herunder den eksplicitte adfærdsmodellering, et element af fremadskuenhed forventninger og tilpasningsegenskaber mere direkte matchet til empirisk evidens for økonomien som helhed.

## Opsummering af afvejninger i den empiriske strategi for MAKROs

Samlet kan det siges, at mens der i MAKRO generelt lægges et eksplicit teorigrundlag til grund – baseret på, hvad der anses for relativt bredt accepteret og gængs teori – så accepteres et trade-off mellem forskellige empiriske ønsker eller muligheder: Der accepteres således på visse stræk en mindre gennemskuelig historisk dataforklaring for en række centrale adfærdsrelationer til gengæld for en tilgang, som kan håndtere et element af fremadskuenhed i forventningerne og i højere grad er baseret på en direkte empirisk fundering af modellens tilpasningsegenskaber ved en række efterspørgsels- og udbudsstød. Hertil kommer en bred læsning af den økonomiske litteratur og empiri (fx i fastsættelsen af dybe parametre og modellering af adfærdsmekanismer).

Tilgangen har som nævnt både fordele og ulemper i forhold til alternative, mere traditionelle metoder, og det er derfor en vigtig del af modeludviklingen, at de foretagne valg lægges

---

<sup>6</sup> I papiret *MAKRO: Oversigt over model og centrale modelleringsvalg* omtales baggrunden for fremadskuenhed forventninger i MAKRO og skelnen mellem fremadskuenhed og bagudskuende forventninger uddybes.



åbent frem og begrundes. Derudover vil de væsentligste forskelle i modelegenskaber mellem MAKRO og udvalgte relevante makroøkonomiske modeller på danske data blive dokumenteret, således at konsekvenserne af den valgte tilgang til modellering og empirisk strategi bliver tydelige.

## 2. Fastlæggelse af parametre i MAKRO

MAKRO's langsigtede strukturelle egenskaber bestemmes – som det typisk er tilfældet i CGE-modeller – delvist ud fra 1) økonomisk teori, 2) estimerede langsigtede elasticiteter, og 3) kalibrering til historisk data.<sup>7</sup> Pkt. 1 behandles i papiret om de overordnede modelleringsvalg samt den tekniske dokumentation, mens fastlæggelsen af pkt. 2 og 3 gennemgås i dette notat. Hertil kommer modellens kortsigtede egenskaber, der som nævnt bestemmes på baggrund af IR-matching.

I fastlæggelsen af MAKROs adfærdsparametre er det således valgt at opdele bestemmelsen af disse konstante parametre i to grupper: Parametre der i høj grad vedrører langsigteeffekter og hvor mange estimeres med klassisk økonometri, samt parametre der i høj grad er bestemmende for modellens kortsigtsegenskaber, herunder tilpasning til stød, og hvor de fleste fastsættes via en matching-tilgang.

De langsigtede elasticiteter i modellens produktions- og forbrugsligninger estimeres som udgangspunkt med en Kalman-filter-baseret metode, som MAKRO-gruppen har udviklet til formålet og automatiserer inddragelsen af strukturelle trends i estimationerne. MAKROs udenrigshandelselasticiteter estimeres via detaljeret data, fordelt på produkter og lande, og aggregeres herefter op. Denne tilgang – frem for at estimere udenrigshandelselasticiteterne med aggregeret tidsserie-data – bruges typisk i nyere modeller for international handel (Hillberry & Hummels, 2013). Generelt inddrages også relevante resultater og indsigter fra den eksisterende empiriske litteratur i fastlæggelsen af modellens elasticiteter – og for enkelte parametre i MAKRO udgør dette det primære grundlag for fastlæggelsen. Mere detaljerede beskrivelser af disse parametre findes i afsnit 2.2.

Empirisk velspecificerede tilpasningshastigheder på kort- og mellemlang sigt sikres ved impuls respons-matchingen (IR-matching). Denne metode er inspireret af DSGE-litteraturen (et nyere eksempel er Christiano et al, 2016), selv om den anvendte metode er blevet videreudviklet en del for at muliggøre parameteriseringen af en stor, ikke-lineær model som MAKRO. Metoden beskrives mere detaljeret i afsnit 2.3. Baggrunden for dette notats primære fokus på IR-matching er, at de strukturelle egenskaber langt hen ad vejen fastlægges på samme måde eller ud fra lignende metoder som i CGE-modeller (fx DREAM) og makroøkonometriske modeller (fx ADAM), mens IR-matching er nyt i forbindelse med estimation af parametre i store danske anvendte makroøkonomiske modeller. IR-matchingen af modellens kortsigtsegenskaber suppleres med evaluering af modellen i forhold til anden empiri, eksempelvis den marginale forbrugstilbøjelighed.

I forlængelse af afsnittene om fastlæggelse af langsigts- og kortsigtsadfærdsparametre beskrives i afsnit 2.4 overvejelser om, hvordan den empiriske strategi sikrer tilstrækkelig empirisk fundament for egenskaberne ved de mest centrale stød, som MAKRO skal bruges til at simulere.

Udover estimationen af ovennævnte adfærdsparametre kalibreres i MAKRO et stort antal parametre, så modellen stemmer overens med dens datagrundlag herunder nationalregnskab. Vi kalder denne gruppe af parametre for niveauparametre, idet de sikrer, at modellens

---

<sup>7</sup> Nogle langsigtede strukturelle egenskaber – fx arbejdsudbuddets reaktion på ændringer i skatter og kompensationsgrader – beregnes som udgangspunkt uden for MAKRO.

variable rammer de korrekte niveauer i alle de år, hvor der er datadækning. De årlige udsving i niveauparametrene (eksempelvis i konstantledet i en CES-efterspørgsel) har mange ligheder med såkaldte J-led, som man kender fra makroøkonometriske modeller, samt målefejl, som ofte inkluderes i estimerede DSGE-modeller. Herudover afspejler parametrene, at der er strukturelle udviklingstendenser i økonomien (f.eks. effekter af globalisering og en voksende tjenestesektor). I MAKRO anvendes en systematisk tilgang til behandlingen af de statistisk kalibrerede parametre i modellens grundforløb. Ved at behandle de kalibrerede niveauparametre som historiske tidsserier, kan standard økonometriske metoder anvendes. På den måde foretages en automatiseret og databaseret fremskrivningen af hver af parametrenes tidsmæssige udvikling (betragtet enkeltvist), som kan indgå i grundlaget for modelbrugerens samlede valg af fremskrivningsforudsætninger – som også omfatter andre variable og parametre og bør træffes under hensyn til blandt andet samspillet mellem alle de fremskrevne variable og parametre i modellen. På denne måde understøttes muligheden for at fange økonomiens strukturelle udvikling, fx tendensen til højere vækst i servicebranchens beskæftigelse på bekostning af fremstillingsbranchen. Dette er yderligere beskrevet i afsnit 2.5.

## 2.1 Overordnet om fastlæggelsen af parametre

I MAKRO afhænger fastlæggelsen af de enkelte parametre som nævnt af, hvilken type parameter der er tale om. Tabel 2.1 giver et overblik over opdelingen i det empiriske arbejde med MAKRO samt, hvordan disse parametre fastsættes. Grundlæggende er der som nævnt tale om parametre i to hovedgrupper, der genfindes i forskellige typer af makroøkonomiske modeller: Adfærds- og niveau-parametre. Førstnævnte opdeles yderligere i to underkategorier: De særskilt estimerede adfærdsparametre estimeres enten direkte eller baseres på resultater fra den akademiske litteratur, mens de matchede adfærdsparametre fastsættes ved den nævnte IR-matching, jf. tabel 2.1.

**Tabel 2.1**  
**Parametertyper i MAKRO.**

Parameter hovedgruppe	Parameter undergruppe	Fastsættelse af parametre
<b>Adfærdsparametre:</b> Konstante parametre, som er centrale for agenternes reaktion på stød.	<b>Særskilt estimerede adfærdsparametre</b> fx langsigtselasticiteter i MAKRO's produktionsfunktioner, privat forbrug og udenrigshandel.	Parametre fastsættes ud fra egne estimationer samt resultater fra ekstern empirisk litteratur.
	<b>Matchede adfærdssparametre</b> (primært kortsigtdynamik) fx installationsomkostninger og prisrigiditeter.	Parametre fastsættes gennem matching af MAKRO's impulsrespons til deres empiriske modparter, herunder fra estimerede SVAR-modeller.
<b>Niveauparametre:</b> Tidsvarierende parametre, som sikrer at modellens niveauer i historiske år er i overensstemmelse med data (givet adfærdsparametrene).	<b>Statisk kalibrerede niveauparametre</b> fx andelsparametre i input-output	Fastsættes via kalibrering til historisk data og fremskrives med afsæt i estimerede historiske trends (estimeret vha. ARIMA'er)..
	<b>Dynamisk kalibrerede niveauparametre</b> fx husholdningernes subjektive diskonteringsrate.	Niveau fastsættes via kalibrering til historisk data for seneste datadækkede år. Fremskrives konstant eller ud fra historiske trends (fx ved hjælp af ARIMA'er).

I det efterfølgende uddybes, hvordan de langsigtede adfærdsparametre (primært elasticiteter) estimeres (afsnit 2.2), og hvordan de matchede adfærdsparametre fastlægges (afsnit 2.3). Herefter oplyses en række centrale stød, som MAKRO skal kunne bruges til at analysere, og det anskueliggøres, hvordan mekanismerne og identifikationsstrategien i MAKRO bidrager til den empiriske fundering af modellens egenskaber ved disse stød (afsnit 2.4). Endeligt beskrives, hvordan niveau-parametrene opnås via kalibrering for herefter at kunne fremskrives (afsnit 2.5).

## 2.2 Fastlæggelse af særskilt estimerede adfærdsparametre

Dette afsnit beskriver, hvordan MAKROs særskilt estimerede adfærdsparametre bestemmes samt hvilke værdier, de er fastsat til. Denne type adfærdsparametre er blandt andet substitutionelasticiteter i modellens produktionsfunktioner, i husholdningernes sammensætning af det private forbrug samt i udenrigshandelen. Disse tre hovedgrupper uddybes i hvert sit underafsnit i det efterfølgende. I MAKRO har vi selv foretaget særskilte estimationer af hovedparten af disse adfærdsparametre. Derudover indgår generelt også relevante resultater og indsigter fra den eksisterende empiriske litteratur i fastlæggelsen af disse parametre. Hvad angår data- og metodevalg er der i estimeringen lagt vægt på at følge den relevante empiriske litteratur på området, både i Danmark og udlandet. Alle de adfærdsparametre, der omtales i dette afsnit, fastsættes særskilt og ikke på baggrund af modellens egenskaber som samlet system.

At en gruppe af de estimerede adfærdsparametre fastsættes separat fra og før fastlæggelsen af modellens matchede adfærdsparametre har to formål: For det første vurderes det, at disse adfærdsparametre bedst fastlægges ved at anvende metoder, der tager udgangspunkt i den empiriske litteratur på området, og som har mere direkte fokus på at identificere den pågældende adfærdsparameter. SVAR-modellerne (der matches til) er som udgangspunkt mere informative om økonomiens overordnede tilpasning på kort og mellemlangt sigte, og mindre informative om de strukturelle eller langsigtede adfærdsreaktioner.<sup>8</sup> De særskilt estimerede adfærdsparametre påvirker både de langsigtede strukturelle og de kortsigtede reaktioner, mens de matchede kortsigtsparametre i mindre grad vurderes at påvirke de langsigtede reaktioner. For det andet er det usandsynlig, at estimation, der baseres på den samlede modeldynamik (som f.eks. IR-matching) i praksis tilfredsstillende kan identificere samtlige elasticiteter, der indgår i MAKRO, hvilket i alt drejer sig om over 30 parametre for virksomhederne og husholdningerne alene.

For CGE-modeller er det standard, at elasticiteterne tages fra ekstern litteratur eller en fælles database, eksempelvis Europa Kommissionens PREDICT 2-model (Christensen, 2015), OECD's METRO-model (OECD, 2020) eller den internationale handelsmodel GTAP (Hertel & van der Mensbrugge, 2020). I DSGE-modeller, er det ligeledes ofte tilfældet, at træghedsparametrene estimeres, mens en del af modellens øvrige parametre – fx modellens elasticiteter – er taget fra ekstern litteratur eller er kalibreret under hensyntagen til modellens *steady state*, fx for at opnå en given langsigtet markup. Dette gælder både, når estimationen af træghederne baseres på bayesiansk estimation (Fernandez-Villaverde, 2010), og når den baseres på matching til impuls responser (Christiano et al, 2016). Fremgangsmåden er udbredt, både for mellemstore DSGE-modeller, der ofte anvendes i den akademiske litteratur samt for større, policy-orienterede modeller som f.eks. Danmarks Nationalbanks DSGE-model (Pedersen,

---

<sup>8</sup> Den metode, som i MAKRO anvendes til at estimere elasticiteterne i produktionsfunktionerne, giver også et estimat på tilpasningshastigheden. Ved at se på simuleret data er det dog vurderet, at metoden først og fremmest er egnet til at estimere elasticiteterne, mens tilpasningen er betydeligt mere usikkert bestemt, når der sker strukturelle skift.

2016), det norske finansministeriums nye model, NORA (Aursland et al, 2019) og IMF's GIMF-model (Kumhof et al, 2010).<sup>9</sup> I FRBUS-modellen, der er en stor makroøkonomisk model og som bruges af den amerikanske centralbank, sættes elasticiteterne blandt andet fra ekstern litteratur eller kalibreres med henblik på modellens langsigtede egenskaber, mens træghedsparametrene først herefter estimeres (Brayton et al, 2014).

### Elasticiteter i MAKROs produktionsfunktioner

Vi estimerer 21 substitutionselasticiteter i MAKROs produktionsfunktioner ved at antage en såkaldt nestet CES-struktur.<sup>10</sup> Input i produktionsfunktionerne består af maskinkapital, arbejdskraft, bygningskapital og materialer. Elasticiteterne tillades at være forskellige på tværs af input-type samt for de 7 brancher, hvor de er estimeret. Faktorefterspørgslen bestemmes som følge heraf dels af den samlede produktion, der øger efterspørgslen efter samtlige faktorer, dels af substitution mellem faktorer som følge af forskydninger i det relative forhold mellem faktorernes pris, men også eksogene forskydninger i faktorernes effektivitet (f.eks. arbejdskraftbesparende fremskridt).

Identifikation af pris- og teknologieffekter kan dog ikke ske uden yderligere antagelse om den teknologiske udvikling. Som fundet i Antras (2004) kan en a priori antagelse om konstant, Hicks-neutral produktivitet føre til en bias i estimerne mod Cobb-Douglas. I en række senere papirer tillades ikke-lineær vækst via en Box-Cox transformation (f.eks. Klump et al, 2007), men også andre typer af ikke-lineære trends har været anvendt, f.eks. på dansk data.<sup>11</sup> I MAKRO antages mere generelt, at teknologi udtrykkes ved en træg, men uobserverbar proces. Dermed er problemet opskrevet som en såkaldt state-space-model, hvorved Kalman-filteret kan anvendes til at estimere elasticiteten simultant med, at der opnås en datadrevet beskrivelse af potentielt tidsvarierende teknologiske ændringer. Denne antagelse lægges herefter ind i en fejlkorrektionsmodel og langsigtselasticiteterne estimeres. En mere teknisk beskrivelse samt et simulationsstudie findes i et separat arbejdsrapport (Kronborg et al, 2019) samt den øvrige dokumentation (Kronborg & Poulsen, 2021).

De estimerede elasticiteter er vist i tabel 2.2. Data er på årlig frekvens for perioden 1967-2017 og er primært baseret på nationalregnskabstal. For de to store private brancher, fremstilling og private tjenester, finder vi en substitutionselasticitet mellem maskinkapital og arbejdskraft på 0,4-0,5. Det er højere end de 0,25, der har været anvendt i DREAM, men tæt på estimerne i lignende estimationer på dansk data (f.eks. ADAM og Thomsen, 2015). Muck (2017) estimerer substitutionselasticiteten mellem kapital og arbejdskraft for en række udviklede lande og finder en elasticitet i spændet 0,3-0,7 for Danmark. For bygningskapital gælder det for mange brancher, at det er svært at finde signifikant positive substitutionselasticiteter. En mulig forklaring herpå kan være, at data eller det anvendte user-cost udtryk er støjfyldt eller et imperfekt mål for det sande niveau, hvilket vil give en bias mod 0 (såkaldt *attenuation-bias*). For ressourcer (materiale- og energiinput) finder vi relativt høje elasticiteter for de to store private brancher, mens elasticiteterne typisk er lave for de resterende brancher. I det

<sup>9</sup> Der findes DSGE-modeller, hvor substitutionselasticiteterne estimeres med bayesian maximum likelihood. Et eksempel er Ramses I og II-modellerne, der bruges af den svenske centralbank. Det bør her bemærkes, at estimerne typisk ligger relativt tæt op af middelværdien på de valgte prior fordelinger (se Adolfson et al, 2007 og Adolfson et al, 2013).

<sup>10</sup> De 21 estimerede elasticiteter dækker over substitutionselasticiteter mellem maskinkapital og arbejdskraft, mellem KL-aggregat og bygninger og mellem KLB-aggregat og materialer for hver af de 9 brancher på nær boligbranchen og det offentlige, som særbehandles.

<sup>11</sup> I ADAM modelleres faktorernes effektivitet også ikke-lineært via et højere ordens polynomium som funktion af tid (ADAM, 2012). I estimationer af elasticiteterne til Energistyrelsens IntERACT-model bruger Thomsen (2015) logistiske trapper til at modellere ikke-lineariteten af faktorernes effektivitet. I MONA antages produktionsfunktionen at være Cobb-Douglas i de fleste sammenhænge. Det samme gælder SMEC og Nationalbankens DSGE model.

ressourcer i MAKRO er en sammenvægtning af energi- og øvrige materielinput, svarer dette i nogen grad til resultaterne i Thomsen (2015), samt hvad der findes i DREAM, men er højere end eksempelvis ADAM. Generelt om estimaterne kan det siges, at usikkerhed, bl.a. omkring fastsættelsen af user-cost, bidrager til en ikke-uvæsentlig usikkerhed omkring punktestimaterne. Med henvisning til de mulige kilder til nedadrettet bias fastsættes de substitutionselasticiteter der estimeres meget lavt eller til 0 derfor til en nedre grænse på 0,25 (svarende til de laveste elasticiteter i DREAM).

**Tabel 2.2**  
**Parametre fastsat ved egne estimationer**

	Note	MAKRO	ADAM	DREAM
<b>Elasticiteter i produktionssnest</b>	Kalman filter-baseret metode			
Materialer og andet (R og KLB)				
- fremstilling		0,83	(0,00)	(0,67)
- tjenester		0,80	(0,00)	(0,67)
- byggeri		0,37	(0,00)	(0,67)
- andre private ekskl. bolig		0,25*	(0,00)	(0,67)
	Energi adskilt fra andre materialer i ADAM og DREAM.			
Bygningskapital og andet (B og KL)				
- tjenester		0,94	(0,00)	(0,25)
- andre private ekskl. bolig		0,25*	(0,00)	(0,25)
	Energi nestet med KL i ADAM og K og B nestet med energi i DREAM			
Maskinkapital og arbejdskraft (K og L)				
- fremstilling		0,45	(0,62)	(0,25)
- tjenester		0,42	(0,42)	(0,25)
- landbrug		0,71	0,10	-
- energi		0,34	(0,41)	(0,25)
- andre private ekskl. bolig		0,25*	0,00	(0,25)
	K og B er nestet med E i DREAM. I ADAM er fremstilling ikke inkl. fødevarer og raffinaderier og tjenester er ikke inkl. finansielle tjenester.			
<b>Elasticiteter i forbrugsnest</b>	Kalman filter-baseret metode			
Biler og andet forbrug (B og EVST)		1,04	(0,69)	-
Energi og andet forbrug (E og VST)		0,26	(0,88)	-
Varer og andet forbrug (V og ST)		0,94	(1,00)	-
Tjenester og turistrejser (S og T)		1,25	2,51	-
	Benzin er nestet sammen med biler i ADAM, hvilket muligvis er forklaringen på den lavere elasticitet. Endvidere er benzin ikke med i energi og fødevarer adskilt fra andre varer i ADAM.			
<b>Eksportpriselasticiteter</b>	Feenstra-metode			
- energivarer		5,59	-	5,00
- ikke-energivarer		5,02	2,01	5,00
- tjenester	Lig elasticiteten for ikke-energivarer	5,02	2,00	5,00
	Varer i ADAM er ekskl. fødevarer, skind, fly og biler.			

	Note	MAKRO	ADAM	DREAM
<b>Importpriselasticiteter</b>				
- energi-varer		2,56	(0,00)	1,25
- ikke-energivarer		2,67	0,74	5,00
- tjenester	Lig elasticiteten for ikke-energivarer	2,67	0,58	1,25

Anm.: Elasticiteter markeret med \* angiver, at værdien er fastsat til en nedre grænse, jf. diskussion i teksten.

Kilde: ADAM juni 2019, DREAM-kode og egne estimationer.

### Elasticiteter i MAKROs privatforbrug

Det samlede private forbrug i MAKRO opdeles i 6 forskellige forbrugskomponenter (turisme, tjenester, varer, energi, biler og bolig). Opdelingen sker ved en antagelse om en nestet struktur, der ligesom for produktionsfunktionen tillader, at forbrugstyper kan have forskellig substitution imellem sig. P.t. estimerer vi substitutionselasticiteterne mellem alle forbrugstyper med undtagelse af den mellem bolig og andet forbrug, som i stedet tages fra litteraturen (se nedenstående).

Den nastede CES-nytte medfører, at efterspørgslen efter forbrugstyperne bestemmes dels af en priseffekt, der udtrykker skift som følge af ændringer i de relative priser (størrelsen af denne effekt afhænger af elasticiteterne), dels af en præferenceeffekt ("trends" i niveauparametrene). Præferenceeffekten udtrykker træge skift i forbrugernes præferencer over tid (f.eks. stigende efterspørgsel efter tjenester). Ud over mulige langsigtede præferenceskift specificeres estimationsligningerne, så de kan fange kortsigtede, men væsentlige skift i efterspørgslen, der ikke kan forklares med hverken forskydninger i priser eller træge præferenceskift. Den valgte tilgang minder meget om den for produktionselasticiteterne og er beskrevet i den øvrige dokumentation (Kronborg & Kastrup, 2020).

De estimerede elasticiteter for det private forbrug er vist i tabel 2.2. Data er på årsfrekvens og estimeret for perioden 1983-2017. Tjenester og turisme er sat sammen nederst i forbrugsnestet og estimeres til at have en substitutionselasticitet på 1,25. Dermed er disse forbrugsgrupper substitutter som man måske også ville forvente (eksempelvis findes et lignende resultat i ADAM, hvor elasticiteten dog er betydeligt større). Elasticiteten mellem varer og andet forbrug er estimeret til 0,94, svarende til, at udgiftsandelene er relativt konstant, når der korrigeres for en (meget træg) trend, der giver en forskydning fra forbrug af varer mod tjenester. I MAKRO inkluderes brændstofforbruget i det samlede energiforbrug. Dette vil have tendens til at trække elasticiteten ned, da prisfølsomheden her er relativt lille. Omvendt er den ikke inkluderet i bilforbruget, hvilket giver en lidt højere elasticitet end der f.eks. findes i ADAM.

### Elasticiteter for MAKROs udenrigshandel

Udenrigshandlen i MAKRO består af varer og tjenester. Varehandlen er yderligere opdelt i fremstillings- og energibranchen. Vi har estimeret import- og eksportelasticiteter for de to varegrupper. Elasticiteterne på udenrigshandelen for tjenestebranchen sættes lig estimatet på ikke-energivarer. Dette valg følger bl.a. GTAP-modellen (Hertel & van der Mensbrugge, 2016) og andre studier og skyldes et generelt mindre detaljeret datagrundlag for tjeneste-handlen.

I CGE-modeller for international handel er man gået fra at basere udenrigshandelselasticiteterne alene på estimater fra tidsserier til at inddrage den information, der er på tværs af lande, dvs. i *cross section*-dimensionen, samt at estimere elasticiteterne på et mere disaggregeret produktniveau. Som diskuteret i Hillberry & Hummels (2013) bidrager paneldata-estimation til at afhjælpe de potentielle problemer, der medfører en nedadrettet bias i tidsserie-estimaterne.<sup>12</sup> Imbs & Mejean (2015) opstiller en fler-sektor model (baseret på Backhus et al (1994)) baseret på de estimerede mikro-elasticiteter. Makro-elasticiteten fra denne model er konsistent med den beregnet ved et vægtet gennemsnit af mikro-elasticiteterne og noget højere end estimeret ud fra aggregeret data.

Som følge af ovenstående estimeres import- og eksportpriselasticiteterne med udgangspunkt i metoden i Feenstra (1994) og senere Feenstra et al (2018). Metoden baserer sig på at anvende detaljeret handelsdata for mange lande og på et detaljeret produktgruppeniveau. På denne måde kan man udnytte heteroskedasticiteten for stød i lantedimensionen til at identificere både udbuds- og efterspørgselskurverne. De metodemæssige overvejelser er beskrevet i nærmere detaljer i den øvrige dokumentation (Kronborg et al (2020b)).

Tabel 2.2 viser de estimerede elasticiteter for udenrigshandlen på mellemlangt sigt, der er lagt ind i MAKRO. Data er på årlig frekvens og for årene 1995-2016 og er fra den internationale handelsdatabase BACI. For fremstilling finder vi en vægtet mikro-elasticitet på ca. 5 på langt sigt. Herudover bruger vi input-output- (IO-) data på brancheniveau til at korrigere dette estimat for forbruget af hjemmeproducerede varer. Dette resulterer i en værdi for den relevante makro-importpriselasticitet på 2,6.<sup>13</sup> Dette er højere end i DREAM, men i overensstemmelse med hvad der typisk findes i lignende udenlandske studier. Eksempelvis estimerer Imbs & Mejean (2017) importpriselasticiteter for en række udviklede lande – dog ikke Danmark – og finder et gennemsnit omkring 5. Eksportpriselasticiteten estimerer vi til at være ca. 5 på lang sigt, hvilket er på niveau med værdien i DREAM (og Nationalbankens DSGE-model). Vi finder generelt, at de estimerede elasticiteter er højere, når der anvendes data på et mere disaggregeret niveau, i lighed med størstedelen af den nyere akademiske litteratur.

### Estimerede adfærdsparametre hentet fra litteraturen

Tabel 2.3 viser en oversigt over de af MAKROs parametre, der i den nuværende version er hentet fra litteraturen. Parameteren, der er bestemmende for den intertemporale substitutionselasticitet, sættes til 0,8 med henvisning til Havrenek (2015).<sup>14</sup> I MAKRO modelleres nytte af forbrug af bolig og ikke-bolig med en såkaldt ikke-separabel nyttefunktion, dvs. at marginalnytten af den ene forbrugstype afhænger af forbrugets omfang af den anden type forbrug. Dette valg understøttes af størstedelen af den empiriske litteratur (se f.eks. Khorunzhina, 2020). Det er ambitionen at estimere denne elasticitet ligesom for de øvrige forbrugstyper, men indtil da sættes den lig 0,3, svarende til den estimerede værdi i ADAM (og som anvendes i DREAM). Elasticiteten fra amerikanske studier på makro-data varierer. Eksempel-

---

<sup>12</sup> Det er bl.a. *attenuation*-bias som følge af målefejl i aggregerede prisindeks og identifikationsproblemer.

<sup>13</sup> Denne korrektion foretages for at tage højde for, at importpriserne påvirker det indenlandske prisniveau. I udenlandske handelsmodeller som f.eks. GTAP har man af samme grund tidligere anvendt en "rule of two" som alternativ til den korrektion via IO-data, som vi benytter. Dermed er substitutionen mellem indenlandske og udenlandske varer givet som halvdelen af substitutionen mellem forskellige udenlandske varer (Hillberry & Hummels, 2013). Der findes ikke data for egenproduktionen fordelt på produktgrupper. Ved at bruge branche-data antages implicit, at egenproduktionen er ens for de produktgrupper, der hører til samme branche.

<sup>14</sup> Idet både formue og arv indgår i husholdningernes nyttefunktion, er der ikke tale om den eksakt samme intertemporale substitutionselasticitet som eks. i en CRRA-nyttfunktion.



vis finder Piazzesi et al (2007) at sammenhængen velbeskrevet af Cobb-Douglas præferencer, mens Li et al (2016) estimerer elasticiteten til 0,5. Amerikanske studier på mikro-data finder typisk relativt lave elasticiteter (eksempelvis Flavin & Nakagawa, 2008 og Stokey, 2009).

**Tabel 2.3**

**Parametre hentet fra litteratur**

Parameter	Note	MAKRO	ADAM	DREAM
Intertemporal substitutionselasticitet	Havrenek (2015)	0,8	-	0,6
Elasticitet i arve- og nytteformue	Lig intertemporal substitutionselasticitet			
Elasticitet mellem bolig og andet forbrug	ADAM (juni 2019)	0,3	0,3	0,3
Elasticitet mellem land og boligkapital	Taget fra Epple et al (2010)	1,16	-	0,2
Lånefinansieringsandel ved nyinvesteringer	Vækstplan DK (FM (2013))	0,4	0,5	0,6

Anm.: Idet både både vanedannelse samt formue og arv indgår i husholdningernes nyttefunktion, er der ikke tale om den eksakt samme intertemporale substitutionselasticitet som eks. i en CRRA-nyttefunktion.

Kilde: ADAM juni 2019, DREAM-kode og jf. note.

Substitutionselasticiteten mellem bolig og land sættes med udgangspunkt i eksisterende litteratur, da estimation ideelt set kræver detaljeret høj kvalitets-data på ny-opførte bygninger i forhold til frigivet land. Værdien på 1,16 er taget fra Epple et al (2010) og er baseret på amerikansk data. Lignende nyere studier, der inkluderer data for andre lande, finder ligeledes, at elasticiteten mellem bolig og land er omkring én (Ahlfeldt & McMillen, 2014 og Combes et al, 2016). Den valgte parameter værdi er højere end i DREAM<sup>15</sup>, men lavere end estimatet på 1,6 (dog ikke signifikant forskellig fra 1) fundet i Andersen (2013), hvor bolig- og grundpriser modelleres og estimeres på aggregeret niveau.

### Elasticiteter for arbejdsudbuddet

MAKRO vil som udgangspunkt ikke danne grundlag for egentlige skøn over effekter på arbejdsudbuddet ifm. økonomisk-politiske tiltag. Der vil dog blive mulighed for at køre modellen med arbejdsudbudselasticiteter, som er i overordnet overensstemmelse med de beregningsforudsætninger ministerierne anvender. For det empiriske grundlag herfor henvises til ministeriernes dokumentation.

### Øvrige parametre

Tabel 2.4 viser en liste med øvrige parametre i MAKRO, der ikke kan kategoriseres som i de ovenstående afsnit. Det drejer sig for det første om parametre, der er medbestemmende for

<sup>15</sup> DREAMs elasticitet på 0,2 afspejler de generelt lavere estimater fundet i den tidligere empiriske litteratur. Nyere forskning indikerer, at målefejl i prisen på land har tendens til at resultere i et nedadrettet bias på estimaterne. Studier, hvor priser på land kan observeres med en højere nøjagtighed har generelt højere estimater (se eksempelvis Ahlfeldt & McMillen (2014) for en diskussion heraf).

MAKROs aldersprofiler, for det andet om risikopræmier og endeligt om enkelte parametre, der er kalibreret eller estimeret ved simple OLS-regressioner.

MAKROs OLG-struktur bygger på aldersfordelt data: Formue, bolig, indkomst osv. Dette data er baseret på registerdata (Lovmodellen og Danmarks Statistiks formuestatistik). Der findes ikke data for aldersfordelt privat forbrug og arv. Privat forbrug er imputeret som i Browning & Leth-Petersen (2003) og en aldersfordelt arvematrice er estimeret som i Boserup et al (2016). En række parametre i husholdningernes nyttefunktion fastsættes, så aldersprofilerne i modellen stemmer overens med det aldersfordelte data. Kalibreringen af disse parametre foretages sammen med en udglatning før den endelige model løses, så støj fra den aldersfordelte data ikke afspejles i parametrene. Det samlede system balanceres herefter således at totalerne stemmer med nationalregnskabet. Konstruktionen af aldersprofilerne er yderligere beskrevet i Hoeck & Bonde (2021).

Den anden kategori vedrører risikopræmier. En række nyere studier, herunder Autrup & Hensch (2020) på danske data og ECB (2018) for Euroområdet, har fundet en tendens til, at virksomhedernes forrentningskrav har været nærmest konstante de seneste 10-15 på trods af den faldende rente. I MAKRO er virksomhedernes forrentningskrav givet ved summen af (den risikofri) rente og en risikopræmie. Derfor svarer den historiske udvikling til, at risikopræmierne bevæger sig modsat renteniveauet. Dette lader særligt til at være tilfældet i perioden efter finanskrisen, hvilket bl.a. kan forklares ved, at de lave pengepolitiske renter er et resultat af høj usikkerhed. I grundforløbet kan det på sigt antages, at lavere risikopræmier og højere renter end i dag vil følges ad, således at forrentningskravet er konstant (7 pct.). Dette betyder, at højere renter i fremtiden ikke nødvendigvis slår markant ud i lavere investeringer.

Den sidste kategori af parametre er fundet via kalibrering eller simple estimationer. Eksempelvis estimeres sammenhængen mellem husholdningernes porteføljevægte (på aktivklasser) og deres alder samt deres samlede formue ved en række OLS-regressioner. Separationsraten på beskæftigelse er kalibreret på baggrund af register-data (Ejarque, 2021a,b).

**Tabel 2.4**  
**Øvrige parametre**

Parameter	Note
Den subjektive diskonteringsrate	Kalibreres for de 26-79-årige. For de øvrige aldersgrupper sættes diskonteringsraten til en gennemsnitsværdi for de ældre hhv. yngre aldersgrupper.
Vægt på arvenytte	Kalibreres for de 76-100-årige, sættes lig gennemsnit af disse for øvrige med døds sandsynlighed over 1/2 pct. og sættes til nul for yngre årgange.
Additivt led i formuenytte	Kalibreret for husholdninger 18-24 år og sat lig additivt led i arvenytte for ældre årgange.
Vægt på formuenytte	Sættes for at opnå en rimelig marginal forbrugstilbøjelighed for de yngre aldersgrupper (skaleres andre parameter op og ned ifm. kalibreringen til aldersprofiler for forbrug mv. – niveau har dermed begrænset effekt på de samlede egenskaber).
Risikopræmie på aktier	Maksimum af 3 procentpoint og 7 procentpoint minus obligationsrenten.
Risikopræmie på bolig	Maksimum af 0 procentpoint og 4 procentpoint minus obligationsrenten. Indgår som et led i user cost på bolig.
Husholdningernes marginale porteføljevægte	Estimeret med OLS på baggrund af formue, konstantled og alders-trend.
Træghed i realisering af aktieomvurderinger	Estimeres med OLS

Parameter	Note
Separationsrate på beskæftigelse	Kalibreret til mikrodata (Ejarque, 2021a, 2021b)

## 2.3 Fastlæggelse af matchede adfærdsparametre

Dette afsnit beskriver fastlæggelsen af en række parametre, der er afgørende for MAKROs kortsigtsdynamik. Mens MAKROs langsigtede egenskaber primært fastlægges ud fra den teoretiske ramme og de særskilt estimerede adfærdsparametre, så påvirkes de kortsigtede egenskaber og tilpasningshastigheden i høj grad af de matchede adfærdsparametre. Eksempler herpå kan være omkostninger ved at omstille og udvide kapitalapparatet i produktionen (såkaldte installationsomkostninger) og prisrigiditeter. Grundlæggende fastsættes matchede adfærdsparametre via matching af MAKROs impuls-responser til deres empiriske modpart.

IR-matching er som nævnt en velkendt metode til estimering af tilsvarende parametre i DSGE-modeller. Metoden er brugt både i akademiske analyser (eksempelvis Christiano et al 2005, 2016) samt eksempelvis i det norske finansministeriums DSGE-model, NORA (Aursland et al, 2019). I andre modeller, hvor impuls-responser ikke indgår direkte i estimeringen, anvendes de til at undersøge modellens samlede egenskaber.<sup>16</sup>

Der er fordele og ulemper ved denne metode sammenlignet med (bayesiansk) maximum likelihood estimation, som er udbredt blandt DSGE-modeller (men ikke mulig i MAKRO, jf. afsnit 1). Ruge-Murcia (2007) ser på forskellige måder at estimere DSGE-modeller på, inklusiv maximum likelihood og momentbaserede metoder, hvor IR-matching tilhører sidstnævnte. Via en række simulationsstudier konkluderes det, at begge metoder som udgangspunkt er egnede til estimation af modellens strukturelle parametre og giver relativt retvisende estimater. En mulig ulempe ved maximum likelihood er, at den findes mindre robust over for en misspecificeret model, dvs. hvor modellen ikke er en præcis repræsentation af data. Omvendt vil den momentbaserede metode ved en korrekt specificeret model være mindre efficient, da den inddrager mindre information. Dette kan lede til en svagere identifikation af parametrene (identifikation i MAKRO diskuteres længere nede).

Konkret sker matchingen i MAKRO ved at fastsætte værdierne for en række parametre, så MAKROs IR-funktioner for en række centrale makroøkonomiske variable ved udvalgte stød til økonomien matcher tilsvarende empiriske impuls-responser så godt som muligt. Metoden minder om GMM-estimation, hvor momenterne er de forskellige endogene variables umiddelbare reaktioner og tilpasning over tid. Momenterne matches altså så godt som muligt, men det vil ikke være muligt at ramme alle momenterne eksakt (parametrene estimeres med såkaldt overidentificerende restriktioner). Stødene foretages så langt fremme i grundforløbet, at konjunktursituationen i udgangspunktet ikke vurderes at have en nævneværdig effekt på stødet.<sup>17</sup> Fittet evalueres ved – simultant – at løse modellen i de tilfælde, hvor den udsættes for stød, samt i det kontrafaktiske scenarie, hvor intet stød rammer økonomien.

<sup>16</sup> Eksempler herpå er FRBUS-modellen: "Finally, after estimation the assembled model is subjected to a set of diagnostic tests to ensure that the overall system's properties are consistent with the empirical evidence, such as the dynamics of a simple VAR model." (Brayton et al, 2014) samt Nationalbankens DSGE-model: "As revealed by the figures, some priors are set quite tight. That reflects to a large degree a necessity; without these tight priors the model would not work well in some important dimensions like impulse response functions." (Pedersen & Ravn, 2013).

<sup>17</sup> I DSGE-modeller matches med udgangspunkt i steady state. MAKRO har – modsat DSGE-modeller – ingen klart defineret steady state. Det skyldes blandt andet, at modellens grundforløb er baseret på en fremskrivning af befolkningens størrelse og alderssammensætning, og at disse forhold ændrer sig over tid. Derfor fremskrives modellens grundforløb en række år, pt. 8 år til 2025 (i en model kalibreret frem til 2017), hvorefter der stødes til modellen.

Hvis der eksempelvis matches til 3 stød, betyder det, at hele modellen skal løses i 4 versioner (inkl. grundforløb) og fittet til data evalueres for den samme parametervektor i alle tilfælde.

### Formidlingsmæssige fordele ved den valgte tilgang

Ud over ovennævnte rent økonometriske overvejelser bemærkes det, at IR-matchingen (sammenlignet med bayesiansk maximum likelihood estimation) vurderes have en række fordele fsva. transparens, fortolkning, og fleksibilitet. Det er relativt let at formidle og forstå, at vi har nogle empirisk baserede impuls-responser og dernæst sikret, at MAKRO er i bedst mulig overensstemmelse hermed. Metoden giver mulighed for at foretage en relativt lettilgængelig visuel inspektion af, i hvor høj grad MAKRO er i overensstemmelse med den empiriske model – og overensstemmelsen kan også bedømmes relativt til andre modeller. Opdelingen i, hvad der er den empiriske models egenskaber, og hvad der er "den teoretiske models" egenskaber, giver potentielt også bedre mulighed for at vurdere om eventuelle udfordringer ift. at matche empirien skyldes den teoretiske modellering eller de empiriske specifikationer (eventuelle problemer kan ligge begge steder).

IR-matchingen har også den fordel, at der kan matches til impuls-responser (eller mere generelt momenter) af forskellig karakter. Disse kan være baseret på SVAR, analyser af økonomiens tilpasning til ændret arbejdsudbud, værdier for den marginale forbrugstilbøjelighed fra litteraturen m.v. Det er på den måde forholdsvis lige til at kombinere forskellige typer af egnet empiri. Tilgangen giver naturligvis modelbyggeren en vis grad af mulighed for at vælge, hvilken empiri der lægges vægt på. Det eksplicitte valg af momenter, der matches op mod, gør det imidlertid meget transparent hvilken empiri, modelbyggeren lægger vægt på. Disse valg er uddybet nedenfor. Metoden giver også andre mulighed for at foreslå og diskutere alternative empiriske impulsresponser (eller momenter), som bør indgå i matchingen.

Selv hvis en tilgang baseret på estimation vha. maximum likelihood havde været mulig, ville den forventeligt være mindre gennemskuelig – både for modelbyggeren og udenforstående. Derudover kan forvaltningen af den frihed, som modelbyggeren har i sammenhæng med bayesiansk estimation (dvs. i fastlæggelsen af priors), og konsekvenserne heraf være mindre transparent for personer, der ikke besidder specialiseret viden inden for området. Hensyn som transparens og åbenhed er et væsentligt hensyn i MAKRO-projektet, som blandt andet så vidt muligt skal understøtte, at eksterne i praksis har reel mulighed for at indgå i diskussion om det empiriske grundlag.

### Implementering af IR-matching

I MAKRO er den grundlæggende CGE-struktur udbygget med en række mekanismer, som skal være med til at sikre, at modellen har en kortsigtsdynamik, som på bedst mulig vis afspejler empirien. Inspiration til inddragelsen af disse mekanismer er hentet fra DSGE-litteraturen. En grundigere forklaring på valget af de enkelte mekanismer gives i MAKROs øvrige dokumentation. Tabel 2.5 viser en oversigt over de mekanismer, der er indført for at give trægheder i MAKRO, samt en kort beskrivelse af effekten fra mekanismen.

Hver af mekanismerne har tilknyttede parametre, der bestemmer styrken af den pågældende mekanisme eller træghed. I alt bestemmes 17 parametre på denne måde i betaversionen af MAKRO. Typisk er der tale om typer af trægheder, der er blevet standard i litteraturen, der anvender DSGE-modeller (eksempelvis installationsomkostninger på kapitalapparatet). Det gælder både en stor del af den akademiske ny-keynesianske DSGE-litteratur (Gali, 2009), men også i modellerne der bruges i større institutioner, herunder Europakommissionen (Quest III-modellen, se Ratto et al, 2008) og IMF (GIMF, se Kumhof et al, 2010). Den konkrete motivation for den enkelte træghed er angivet i Tabel 2.5 samt i forbindelse med den øvrige

gennemgang af modellen (herunder beskrivelsen af de overordnede modelleringsvalg samt MAKROs tekniske dokumentation). Det er vigtigt at bemærke, at disse mekanismer naturligvis ikke alene påvirker modellens kortsigtsdynamik for den tiltænkte endogene variabel. Dette skyldes dels, at de mekanismer, der introduceres (eksempelvis andelen af Hand-to-Mouth-husholdninger), nemt kan tænkes at påvirke opsparing og investeringer og dermed får effekter på længere sigt, dels at de fleste mekanismer må tænkes at have generelle ligevægtseffekter. Tabel 2.5 opsummerer derfor den primære eller direkte effekt for den givne mekanisme i MAKRO. De konkrete værdier af de centrale parametre vedrørende kortsigtsdynamikken er nærmere beskrevet i et særskilt notat, der dokumenterer resultaterne af IR-matchingen.

**Tabel 2.5**  
**Mekanismer der påvirker MAKROs kortsigtsdynamik**

Mekanisme i MAKRO	Effekt fra mekanisme
Installationsomkostninger på maskiner	Kvadratiske installationsomkostninger påvirker investeringer, produktionsomkostninger og faktorsammensætning i produktionen via usercost.
Installationsomkostninger på bygninger	Medvirker til, at kapitalapparatet tilpasser sig gradvist, og at investeringerne kan tilpasse sig gradvist ved stød.
Kapacitetsudnyttelse på maskiner	Kapacitetsudnyttelse påvirker output, faktorsammensætning og produktionsomkostninger via effektiv udnyttelse af faktorinput fra kapital og arbejdskraft.
Kapacitetsudnyttelse på bygninger	
Kapacitetsudnyttelse på arbejdskraft	Giver en mulighed for kortsigtet substitution mellem faktorinput og produktivitet. Sikrer at produktionen kan øges samme år som et stød, når det produktive kapitalapparat er låst, og at beskæftigelsen ikke behøver at reagere mere end output på kort sigt.
Kvadratisk matching-omkostning	Kvadratiske matching-omkostninger er vigtige for at differentiere mellem beskæftigelseseffekt ved stød til efterspørgsel og arbejdsudbud.
Eksporttræghed	Træghed på prisgennemslag påvirker effekt på eksport af ændringer i relative priser, og træghed på eksportmarkedsvækst påvirker gennemslag herfra.
Importtræghed	Træghed på prisgennemslag påvirker effekt på import af ændringer i relative priser.
Andel af HtM-forbrugere	HtM-forbrugere har større forbrugstilbøjelighed især ved midlertidige indkomststød og bruger større andel af boligkapitalgevinster på forbrug. Sikrer en tilstrækkelig høj forbrugstilbøjelighed ved midlertidige stød.
Andel bolig for HtM-forbrugere	HtM-forbrugere ejer en mindre andel bolig ift. rationelle forbrugere. Påvirker i hvilken grad kapitalgevinster på bolig udmøntes i øget kortsigtet forbrugsrespons.
Vaneforbrug på ikke-bolig	Giver forbrugstræghed, hvilket for eksempel gør midlertidige stød til forbrug mere persistente og får indfaset permanente stød til forbruget mere gradvist.
Vaneforbrug på bolig	Mindsker kortsigtede udsving i bolig efterspørgsel. Påvirker primært boligprisen og aldersfordelingen af bolig.
Korrektionsfaktor på forventede boligkapitalgevinster	Mindsker effekt på bolig efterspørgsel af fremtidige boligprisændringer. Giver større boligprisreaktioner ved midlertidige efterspørgselsstød.
Finansiell accelerator	Virksomhederne foretrækker at bruge tilbageholdt indtjening som finansiering. Giver accelerator-effekt på investeringerne.
Installationsomkostninger på boliginvesteringer	Påvirker boliginvesteringer givet bolig efterspørgslen. Giver en trægere tilpasning.
Realkredittræghed	Giver træghed i hvor hurtigt ændringer i realkreditbelåningen følger efter ændringer i boligpriserne. Udglatte kortsigtet forbrugsreaktion af stigende boligpriser fra HtM-husholdninger over nogle år.

Mekanisme i MAKRO	Effekt fra mekanisme
Løntræghed	Lønnen tilpasses kun gradvist marginalproduktet på arbejdskraft. Parametere afspejler den andel lønkontrakter, der genforhandles hver periode. Sikrer, at ændringer i labor market tightness kun gradvist påvirker lønnen.
Lønindeksering	Andel lønkontrakter der opdateres ud fra sidste periode. Giver persistens i lønstigningerne.
Priistræghed (3 brancher)	Priserne tilpasses kun gradvist til marginalomkostninger på produktion. Giver persistens i inflationen.

### Empiriske impulser

MAKRO holdes konkret op mod impuls-responser for midlertidige men persistente stød til offentlige udgifter, eksportmarkedsvækst, olieprisen og renten, samt et permanent stød til arbejdsudbuddet, jf. også tabel 2.6. Derudover sammenlignes modellens egenskaber på centrale punkter også med andre empiriske resultater.<sup>18</sup> Det drejer sig eksempelvis om resultater fra en række mikroøkonometriske studier (primært på danske data) af husholdningernes marginale forbrugstilbøjelighed ved midlertidige indkomstfremgange samt omfanget, hvorved øgede pensionsindbetalinger leder til fortrængning af anden formue. Tabel 2.6 opsummerer de impulsresponser og øvrige empiriske resultater, som er centrale for den empiriske fundering af MAKRO's kort- og mellemfristede egenskaber. Den konkrete sammenligning af modellens egenskaber ved stød ift. empirien for den aktuelle modelversion, herunder de specifikke værdier for de matchede parametre gennemgås i det særskilte tekniske notat *Matching af impuls responser og øvrige kortsigtsmomenter: MAKRO ift. empirien*.

**Tabel 2.6**  
**Oversigt over empiri bag MAKROs kortsigtsegenskaber**

Stød/analyse	Variable i estimation/analyse	Kommentar
Offentligt udgiftsstød	Offentligt forbrug og investeringer, BNP, privatforbrug, private investeringer, ledighed, BNP-deflator, løn og boligpris.	Estimeret SVAR-model
Stød til eksportmarked	Eksportmarked, udenlandske priser, udenlandsk rente, oliepris BNP, privatforbrug, private investeringer, eksport, ledighed, BNP-deflator, eksportprisdeflator, løn og boligpris.	Estimeret SVAR-model
Stød til udenlandsk rente	Samme som eksportmarked.	Estimeret SVAR-model
Stød til oliepris	Samme som eksportmarked.	Estimeret SVAR-model
Stød til arbejdsudbud	Ledighed.	Aggregeret effekt fra estimeret model på mikrodata
Marginal forbrugstilbøjelighed af midlertidigt indkomststød	Privatforbrug.	Partielle effekter sammenholdes med ekstern empiri

<sup>18</sup> Selve processen med at fastlægge parametre ved at matche til IR fra et givet sæt af stød er beregningsmæssigt meget tung, og det er derfor begrænset, hvor mange forskellige stød der direkte kan indgå i matchingen. Dette skyldes blandt andet, at hvert stød – foruden grundforløbet – rent teknisk kræver en ny løsning og fremskrivning af modellen, der foregår simultant med den for de andre stød. Dette skyldes, at alle stødforløb (og deres afvigelse fra grundforløbet) skal evalueres for det samme sæt af parameterværdier.

Stød/analyse	Variable i estimation/analyse	Kommentar
Marginal forbrugstilbøjelighed af boligprisstød	Privatforbrug.	Partielle effekter sammenholdes med ekstern empiri
Fortrængning af tvungen pension	Privatforbrug, boligforbrug, fri formue, fordelt på alder.	Partielle og generelle ligevægtseffekter sammenholdes med ekstern empiri
Husholdningernes rentefølsomhed	Boligværdi og formue,	Partielle effekter sammenholdes med ekstern empiri

Anm.: Alle anvendelseskomponenter samt eksportmarked er i reale størrelser. Ledigheden analyseres med udgangspunkt i et mål for ledighedsgabet og er fra Kronborg & Stephensen (2019).

De fleste af de empiriske impulser som MAKRO matches til, estimeres via strukturelle VAR-modeller (SVAR). De har siden Sims (1980) været et af de mest anvendte værktøjer til at estimere et systems endogene respons til eksogene stød inden for makroøkonometri.

Effekterne af et stød til det offentlige forbrug estimeres via en VAR-model på kvartalsdata fra MONAs database for perioden fra 1983Q1. Identifikationen af offentlige forbrugsstød tager afsæt i Blanchard & Perotti (2002), der antager, at finanspolitikken ikke – inden for ét kvartal – kan reagere *diskretionært* på andre stød til økonomien, herunder et konjunkturtilbageslag. På kvartalsfrekvens synes denne restriktion rimelig med tanke på de forskellige typer af *policy lags*, der kan spille en rolle i beslutningen, vedtagelsen og implementeringen af udgiftspolitikken. Dermed antages det, at den automatiske effekt fra konjunktur på det offentlige forbrug, inden for et kvartal er 0. Samme identificerende antagelse anvendes i et landestudie af Ilzetki et al (2013) samt på dansk data af eksempelvis Ravn & Spange (2014) og Troelsen (2016). Herudover kontrolleres i identifikationen for generiske indenlandske konjunkturstød, både i form af aggregerede udbuds- og efterspørgselsstød (minder om tilgangen i Mountford & Uhlig (2009)), ligesom udenlandsk konjunktur antages ikke at påvirkes af danske stød (antagelsen om en lille åben økonomi).<sup>19</sup> Estimationen af stød til det offentlige forbrug er gennemgået i et separat arbejdspapir (Kronborg, 2021b).

Udenlandske stød og deres effekter på centrale indenlandske variable estimeres ligeledes i en VAR-model og på kvartalsdata. Udlandets økonomi antages at bestå af en simpel model med 3 variable: Produktion/efterspørgsel, priser og rente. En række ECB-papirer har dette som "kerne" i deres VAR-analyser (f.eks. Sousa & Zaghini (2008) og Peersman (2011)), men det er også typisk tilgangen i *spill-over* litteraturen, der ser på påvirkningen af mindre landes økonomier af udenlandske stød (se Jensen et al (2017) for et dansk eksempel). For at sikre den bedst mulige mapping til MAKRO er der valgt, at de konkrete variable udgøres af de udenlandske komponenter, der indgår i modellen, desuagtet at dette giver en mindre teoretisk stringent modellering af selve udlandet. Alternativet havde været, at modellere euroområdet og efterfølgende forsøge at beregne, hvordan eksempelvis euroområdets priser påvirker de samlede eksportkonkurrerende priser (inklusive spill-overs til ikke-eurolande) for dansk økonomi. Specifikt består udlandet af et indeks for Danmarks eksportmarked, de eksportkonkurrerende priser, pengemarkedsrenten i euroområdet samt olieprisen. Estimationen af udenlandske stød er gennemgået i et separat arbejdspapir (Kronborg, 2021a).

Tilpasningen til skift i det samlede arbejdsudbud er centralt for en række tilpasningsmekanismer ved andre typer stød i modellen. I arbejdet med MAKRO har vi derfor lavet særskilte analyser, der ser herpå. De metodemæssige overvejelser er beskrevet i nærmere detaljer i arbejdspapiret Kronborg & Stephensen (2019). Specifikt har vi opstillet en empirisk model, der

<sup>19</sup> Kombinationen af kortsigts- og fortegnstreksioner implementeres via algoritmen i Arias et al (2018) og oprindeligt implementeret i R i et DREAM-speciale (Lund-Thomsen, 2016)



anvender detaljeret registerdata på individniveau til at vurdere, hvad effekterne af konjunktur, struktur og demografi er på individers bevægelser mellem beskæftigelse og ledighed. En lignende *flow*-tilgang anvendes i meget af den nyere empiriske litteratur inden for arbejdsmarked og makroøkonomi (f.eks. Shimer, 2012). Kort beskrevet gør vi følgende: Først transformeres overgangssandsynlighederne på samme vis, som det kendes fra *compositional data analysis* (Stephensen, 2016). Vi bruger registerdata på årsfrekvens for perioden 1980-2015. Herefter tillades de strukturelle sandsynligheder at skifte gradvist over tid. På denne måde kan modellen tage højde for faktorer, der betydeligt har mindsket ledighedsraten i Danmark, herunder en række arbejdsmarkedsreformer (Andersen & Svarer, 2008). Specifikt gøres dette ved at estimere en række dynamiske regressioner for overgangssandsynlighederne, hvor der kontrolleres for konjunkturrefekte og variationer i demografi. Konsistent med andre relaterede empiriske studier (f.eks. Ghosray et al, 2016), tillader vi, at de medtagne effekter er aldersafhængige. Den estimerede model bruges til, kontrafaktisk, at analysere, hvordan ledigheden ville have udviklet sig, hvis arbejdsstyrken i en konjunkturneutral situation eksogent blev tilføjet 100 nye ledige.<sup>20</sup> Impuls responsen samt konfidensbånd beregnes ved at foretage dette kontrafaktiske eksperiment for hele estimationsperioden og for aldersgrupperne 18-50 årige. Som hovedresultat finder vi, at tilpasningshastigheden (forstået som tidspunktet, hvor 95 pct. eller mere af merledigheden er forsvundet) er omkring 4-5 år. Dette svarer omtrent til, hvad et lignende eksperiment giver i Nationalbankens DSGE model (Finansministeriet, 2014). Som et robusthedstjek har vi i MAKRO herudover estimeret en SVAR-model med udgangspunkt i Forni et al (2018), hvor et arbejdsudbudsstød identificeres alene ved fortegnene på effekterne på centrale makroøkonomiske variable. I denne analyse fandt vi, at tilpasningstiden for ledighedsraten til øget arbejdsudbud er godt 5 år, men at effekten er insignifikant efter knap 3 år.

Normalt i litteraturen matches der kun op til et eller få stød. Det er typisk det stød, som, man mener, er vigtigst for modellen at kunne analysere. MAKRO matches op mod flere estimerede SVAR-modeller på en gang. Dette sætter modellen på en hård prøve. For det første vil estimerede responser i de forskellige SVAR-estimationer være påvirket af både støj og endogene påvirkninger på et detaljeringsniveau, som modellen ikke fanger. Dette vil i sig selv gøre, at MAKRO i mindre grad vil fitte den enkelte impuls-respons, jo flere SVAR-estimationer, som inkluderes. Dette er dog ikke i sig selv et problem og er i en vis udstrækning et udtryk for den usikkerhed, der er forbundet med både modellen og SVAR-empirien. Der kan imidlertid opstå problemer, hvis en af SVARene giver en impuls-respons, som inden for rammen i MAKRO er i direkte modstrid med resultaterne fra de andre SVAR-modeller. En sådan uoverensstemmelse kan opstå på baggrund af modelrammen for MAKRO, modelrammen for SVARen eller opstillingen af stødet. Hvis MAKRO er årsag til problemet, skal modellen rettes til – ellers skal hhv. estimationen af SVARen eller opstillingen af stødet rettes til.

Modelleringen af MAKRO er i flere omgange udviklet med henblik på at opnå en ramme, der rummer relevante mekanismer og kan matche de forskellige impuls-responser. Et eksempel er kvadratiske tilpasningsomkostninger for arbejdskraft, som bidrager med en mere træg beskæftigelsesrespons i bedre overensstemmelse med de empiriske impuls-responser.

I forhold til estimationen kan selve data være et problem i den forstand, at der kan være atypiske episoder, man ikke realistisk vil være i stand til at modellere. For eksempel kan udviklingen i boligpriserne være præget af en spekulativ stigning. Givet, at man ikke kan, eller det ligger uden for rammerne af projektet at opstille en model, som endogent forklarer (specifikke historiske) spekulative boligprisstigninger, må man forsøge at kompensere i opstillingen af SVARen enten ved inkludering af dummyer, afgrænsning af estimationsperiode eller

---

<sup>20</sup> De aggregerede arbejdsmarkeds-flows fra én periode til den næste kan relativt enkelt beregnes via en initialbetingelse og en matrix, der angiver overgangssandsynlighederne mellem beskæftigelse, ledighed og uden for arbejdsstyrken.



filtrering af data. Endeligt kan der være tale om identifikationsproblemer i selve estimationerne, der kan påvirke IR-funktionerne, så de bliver sværere at matche for en teoretisk model, også selvom den valgte teoriramme giver en god beskrivelse af den mekanisme, som forsøges identificeret via historisk data.

Den empiriske modelramme kan også give problemer, hvis de inkluderede variable ikke i tilstrækkelig grad oplyser om, hvordan impulsen skal oversættes til MAKRO. Et konkret problem i forhold til opstilling af stød har været stød til de udenlandske eksportmarkeder. Her sås en stor stigning i privatforbruget i SVAR-resultaterne ift. reaktionen i løn og beskæftigelse. Et yderligere kig på data viste, at forbrugertilliden i Danmark var steget samtidig med de udenlandske eksportmarkeder. Hermed kan en bagvedliggende international optimisme have drevet både eksportmarkedsvæksten og en stor del af stigningen i det indenlandske forbrug. Forbrugertillidsindikatoren indgår imidlertid ikke eksplicit i forbrugsbestemmelsen i MAKRO. En ad hoc tilpasning i matchingen betyder, at den initiale forbrugsrespons i dette stød ikke bruges til identifikationen (men indgår som en del af stødet). Samlet set kan stødet fortsat bidrage til at identificere andre mekanismer.

### Identifikation af parametre til kortsigtdynamik

Fra stødene til de forskellige estimerede SVAR-modeller rapporteres impuls-responser for en række centrale variable (se tabel 2.6). I partielt estimerede modeller er der en 1-1-mapping mellem de enkelte variable og de parametre, der hører til den betragtede mekanisme (og som indgår i en given estimeret modelligning). Dette er ikke tilfældet under system-estimation som fx impuls-respons-matching. Det skyldes, at når man kigger på hele modellen kan parametrene påvirkes af relationer i hele modellen – de påvirkes altså af, hvor der inkluderes generelle ligevægtseffekter. Fordelen er et større fokus på overordnede modelegenskaber og en estimation, som i højere grad kan være konsistent med en fremadskuende forventningsdannelse. Ulempen er, at man risikerer, at eventuelt svagt identificerede mekanismer kan resultere i, at parametrene potentielt set kan afspejle udeladte mekanismer andre steder i modellen.

## 2.4 Centrale stød til MAKRO: Samlet empirisk fundering af modellens egenskaber

MAKRO skal blandt andet benyttes til at analysere effekterne af en række forskellige stød til dansk økonomi, som kan være både midlertidige og permanente (og i nogle tilfælde annonceret på forhånd). Tabel 2.7 giver et overblik over de typer af stød, som det er relevant at bruge MAKRO til at analysere. Ved disse stød skal modellen levere troværdige og empirisk funderede reaktioner for en række centrale makroøkonomiske variable. Disse variable omfatter eksempelvis BNP, privat forbrug, eksport, investeringer (opdelt på maskiner, bygninger og bolig), import, indenlandske priser, boligpriser, beskæftigelse, løn og ledighed.

MAKRO er opbygget med øje for, at den skal indeholde de mekanismer, som er centrale for effekterne af de relevante stød. I dette afsnit behandles overordnet, hvordan den valgte empiriske strategi understøtter, at reaktionerne via disse mekanismer i MAKRO i forbindelse med disse stød er empirisk funderede.

MAKROs *langsigtede (og strukturelle) egenskaber* ved stød – herunder dem omtalt i tabel 2.7 – er baseret på den teoretiske specifikation, de særskilt estimerede elasticiteter (jf. afsnit 2.2) og kalibrering til data. Dette er grundlæggende samme tilgang, som også anvendes i CGE-modeller og makroøkonometriske modeller. Modellerne er kalibreret til det samme data, og elasticiteterne er i høj grad estimeret ud fra metoder, som minder om hinanden, så den stør-

ste forskel her ligger i den teoretiske specifikation. Forventningsdannelsen i modellen forventes ikke at spille en afgørende rolle for de langsigtede strukturelle egenskaber, da der i steady-state ikke er forskel på rationelle, adaptive og statiske forventninger.<sup>21</sup>

Modellens *kort- og mellemsigtede egenskaber* er ligeledes påvirket af de særskilt estimerede elasticiteter. Dertil kommer – som beskrevet ovenfor – de parametre, som påvirker de kortsigtede reaktioner og mellemfristede tilpasning i økonomien, herunder via omfanget af en række trægheder i tilpasningen til nye strukturelle niveauer. Det er disse parametre, der fastlægges ved bedst mulig matching til de empiriske impuls-respons-funktioner (jf. afsnit 2.3).

De stød, hvor MAKRO direkte sammenholdes med empiriske impuls-responser for de kort- og mellemfristede egenskaber, udgør en delmængde af de centrale stød, som modellen skal kunne benyttes til at analysere, jf. tabel 2.6 og tabel 2.7. Dette afspejler blandt andet et ønske om at kunne bruge MAKRO til at analysere stød, for hvilke det ikke er muligt direkte at estimere impuls-responser for de centrale makroøkonomiske variable på en pålidelig måde. Et af formålene med at opstille en model er netop at bruge den til at besvare spørgsmål, hvor der ellers umiddelbart er betydelige empiriske begrænsninger. Det vil sige opnå det bedst mulige bud på effekterne på baggrund af den samlede viden, der er til rådighed. Tag momsens som eksempel: Den har stort set ikke ændret sig i nyere historisk tid, hvilket betyder, at man ikke kan foretage direkte empiriske analyser af tidligere ændringer i denne. Dermed kan en vurdering af effekterne af en momsændring ikke baseres på sådan direkte empiri og dermed heller ikke på en model, hvor der er sikret overensstemmelse hermed. Men under forudsætning om, at en ændring i momsens for husholdningerne virker som en prisstigning på forbrug samt et fald i realindkomsten – og at husholdningerne betragter disse ændringer på samme måde som andre pris- og indkomstændringer – kan vurderingen foretages ved hjælp af en model, hvor disse typer af mekanismer er empirisk funderede, betinget på andre stød.

**Tabel 2.7**  
**Relevante stød og empirisk fundering af kortsigtsegenskaber**

Stød	Kommentar
<b>Finanspolitiske stød (som kan have strukturelle elementer)</b>	
Offentligt forbrug – varekøb hvv. beskæftigelse	Stød til en efterspørgselskomponent.  Der SVAR-matches til samlet stød til offentligt forbrug og investeringer.
Offentlige investeringer – maskiner mv. hhv. bygninger/anlæg	Stød til en efterspørgselskomponent.  Der SVAR-matches til samlet stød til offentligt forbrug og investeringer.
Overførselssatser	Stød til husholdningernes indkomst, som påvirker husholdningernes private forbrug og opsparing. Afledt strukturel virkning på arbejdsudbud skal som udgangspunkt vurderes uden for MAKRO.  Effekter af ændringer i husholdningernes indkomst på forbruget (samt effekter af ændringer i efterspørgselskomponenter i øvrigt) er i spil i de stød, der SVAR-matches til. Derudover holdes modellens marginale forbrugstilbøjeligheder op mod mikroøkonometriske studier heraf.
Indkomstskatter	Som for stød til overførselssatser.

<sup>21</sup> Modellen vil bl.a. pga. demografi ikke være i eksakt steady state, men konjunkturelle forskelle vil have udspillet sig.

Stød	Kommentar
Afgifter (moms, punktafgifter)	<p>Stød påvirker priserne på anvendelseskomponenterne og husholdningernes realindkomst. Afledt strukturel virkning på arbejdsudbud skal som udgangspunkt vurderes uden for MAKRO.</p> <p>Effekter af ændringer i husholdningernes indkomst er omtalt ovenfor (ifm. overførselssatser og indkomstskatter). Effekter af ændringer i priserne på efterspørgselskomponenterne er i spil i de stød, der SVAR-matches til.</p>
Selskabsskattesats	<p>Påvirker usercost (afhængigt af forudsætninger om bl.a. virksomhedernes finansieringsadfærd). Eventuelle effekter gennem skatteomlægning eller udflytning af virksomhedsskattegrundlag skal vurderes uden for MAKRO.</p> <p>På lang sigt afgøres effekten i høj grad af specifikationen af usercost samt de estimerede elasticiteter i produktionsnestet, mens kortsigtseffekter af ændringer i usercost er i spil i de forskellige stød i IR-matchingen (herunder ved ændringer i udenlandsk rente).</p>
<b>Strukturpolitiske stød (i øvrigt)</b>	
Arbejdsstyrke – med modstykke i ændret antal på forskellige typer af overførsler	<p>Stød til den samlede mængde effektive arbejdskraft i økonomien, som omsættes til beskæftigelse og indkomst. Strukturel effekt beregnes uden for MAKRO.</p> <p>Tilpasningen af ledigheden til arbejdsudbudsstød sammenholdes med den estimeret fra bl.a. aggregering af mikrodata. Effekter af ændringer i husholdningernes indkomst omtalt ovenfor (ifm. overførselssatser og indkomstskatter).</p>
Strukturel ledighed	Som for stød til arbejdsstyrke.
Gennemsnitlig arbejdstid	<p>Stød til den samlede mængde arbejdskraft i økonomien.</p> <p>Effekter kan på langt sigt/strukturelt i en vis udstrækning minde om andre udvidelser af den samlede mængde arbejdskraft i økonomien, fx arbejdsstyrke eller strukturel ledighed. Kortsigtstilpasningen kan dog adskille sig, og vurdering heraf må forlade sig på modellens teoretiske ramme og (i dette tilfælde indirekte) empiriske fundament.</p>
Produktivitetsvækst (arbejdskraftens effektivitetsindeks)	<p>Kan anskues som et stød til samlede mængde <i>effektive</i> arbejdskraft i økonomien (ved Harrod-neutral produktivitet).</p> <p>Effekter kan på langt sigt/strukturelt i en vis udstrækning minde om andre udvidelser af den samlede mængde (effektive) arbejdskraft i økonomien, fx arbejdsstyrke eller strukturel ledighed. Kortsigtstilpasningen kan dog adskille sig, og vurdering heraf må forlade sig på modellens teoretiske ramme og (i dette tilfælde indirekte) empiriske fundament.</p> <p>Produktivitetsstød kan også være stød til produktiviteten af flere inputfaktorer. I så fald må effekterne forlade sig på modellens teoretiske ramme og (i dette tilfælde indirekte) empiriske fundament.</p>
<b>Udland og andre eksogene variable</b>	
Eksportmarkedsvækst	<p>Stød til en efterspørgselskomponent (eksporten).</p> <p>SVAR-matches direkte.</p>
Oliepris	<p>Stød til olieprisen påvirker både danske og udenlandske priser. Giver direkte effekter på energipriser, men påvirker også dansk konkurrenceevne pga. en forskydning i de relative priser.</p> <p>SVAR-matches direkte.</p>
Valutakurs	Svarer til et stød til dansk konkurrenceevne og udenlandske priser, hvilket indgår i alle de udenlandske SVAR-stød.
Renter	<p>Påvirker virksomhedernes usercost på kapital, husholdningernes usercost på bolig samt værdien og afkastet af husholdningernes formue.</p> <p>Stød til renten SVAR-matches direkte. Herudover holdes modellen op imod supplerende empiri fsva. renteeffekter.</p>

Stød	Kommentar
Løn	<p>Lønnen er endogen i modellen og reaktionen afhænger af kilden til ændringer i lønnen.</p> <p>Lønstigninger som følge af ændringer i lønforhandlingen mellem arbejdsgivere og -tagere påvirker husholdningernes indkomst samt virksomhedernes enhedsomkostninger. Effekter af ændringer i husholdningernes indkomst omtalt ovenfor (ifm. overførselsatser og indkomstskatter). Effekter af ændringer i lønnen og virksomhedernes enhedsomkostninger, herunder gennemslaget på priser, er i spil i de SVAR-stød, der matches til.</p>

Der er lagt vægt på, at de udvalgte estimerede impuls-responser og øvrige empiriske resultater, som MAKRO sammenholdes med, samlet set skal understøtte, at modellen kan anvendes til at analysere stødene i tabel 2.7. Overordnet set sikres dette ved, at MAKRO sammenholdes med empiriske impuls-responser for en række af de mest centrale makroøkonomiske variable ved flere efterspørgsels- og udbudsstød, hvor de forskellige centrale mekanismer i modellen er i spil. Endvidere er de øvrige empiriske resultater, der sammenlignes med, udvalgt med henblik på at supplere IR-matchingen på afgørende punkter. Dog må modellens vurderinger af enkelte af stødene (fx arbejdstid og produktivitet) forlade sig på modellens teoretiske ramme og empiriske fundament, hvor sidstnævnte i disse tilfælde i høj grad er indirekte fsva. kortsigtede reaktioner og den mellemfristede tilpasning. I kommentarsøjlen i tabel 2.7 er det kortfattet omtalt, hvordan effekterne via de væsentligste mekanismer i modellen ved de forskellige stød dækkes af den empiriske tilgang.

Det bemærkes, at det ikke er forsøgt at identificere forskelle på tværs af private brancher i de parametre, der påvirker virksomhedernes kortsigtede reaktioner (fx pristræghed og installationsomkostninger på kapital).<sup>22</sup> Dette vurderes i praksis ikke umiddelbart at være muligt med nogen nærmere præcision. Forskelle i virksomhedernes reaktioner på ændringer af stød til endelige efterspørgselskomponenter, der kan have forskellig fordeling på indenlandske brancher, vil således primært være drevet af fx forskelle i inputsammensætningen i brancherne, samt eventuelle afledte effekter af øvrige forskelle mellem stødene.

Det bemærkes derudover, at forventningsdannelsen – i modsætning til hvad der gør sig gældende for de langsigtede eller strukturelle egenskaber – kan have væsentlig betydning for modellens kortsigtsreaktioner og mellemfristede tilpasning. Herunder vil der i MAKRO som udgangspunkt være en vis forskel på de kortsigtede reaktioner på stød alt efter om disse er meget kortvarige, midlertidige men persistente eller permanente. Det er som udgangspunkt meget vanskeligt empirisk at isolere sådanne forventningsdrevne forskelle i de kortsigtede reaktioner pålideligt. Forventningsdrevne forskelle vurderes dog at være et væsentligt forhold for modellen at kunne beskrive (jf. også afsnit 1), og for at understøtte dette omfatter sammenligningen med empiriske impuls-responser både midlertidige og permanente stød. Hertil kommer, at fx de mikroøkonometriske estimater af den marginale forbrugstilbøjelighed, der sammenlignes med, vedrører indkomstfremgange, som er mere kortvarige end dem, der opstår i forbindelse med de stød, der er estimeres impuls-responser for.

Som det fremgår, har tilgangen til den empiriske fundering af økonomiens kortsigtsreaktioner og mellemfristede tilpasning til de forskellige stød sine begrænsninger, og den er behæftet med væsentlig usikkerhed. Dette er dog et grundlæggende vilkår for alle modeller, og opgaven er at give de bedst mulige bud på baggrund af den tilgængelige (usikre) viden. I

<sup>22</sup> Der er estimeret forskelle i elasticiteterne i deres produktionsfunktioner, jf. ovenfor.

den forbindelse vurderes det som en væsentlig fordel, at det empiriske fundament for MAKRO blandt andet inddrager direkte empiri for økonomiens samlede egenskaber i fastlæggelsen af de centrale adfærdsparametre.

## 2.5 Fastlæggelse af niveauparametre: Kalibrering til historisk data og fremskrivning

I MAKRO kalibreres et stort antal parametre (over 1.500 i den seneste version), så modellen er konsistent med blandt andet nationalregnskabet. Denne parameter-type omtales som niveauparametre, idet deres rolle er at sikre, at MAKRO rammer de rigtige niveauer for de datadækkede endogene variable. Eksempler på disse er fordelingsparametrene i modellens CES-funktioner og afskrivningsraterne på kapital.

I de historiske år er mange af modellens endogene variable datadækkede og kendte. Langt de fleste relationer i modellen er alene baseret på realiserede værdier og parametre. For disse relationer kan man hvert år residualt bestemme, hvilke værdier modellens parametre skal have for at relationerne gælder. Dette er en *statisk kalibrering* af parametrene, da man fastlægger parametrene alene på baggrund af historisk data. Det er muligt at fastlægge modellens parametre ud fra statistisk kalibrering for hele den periode, man har historisk data. Dette giver et indblik i, hvordan modellens parametre har udviklet sig over tid.

Som tidligere nævnt foretages automatiserede enkeltvise fremskrivninger af mange af modellens niveauparametre med tidsrækkeanalyse, som kan indgå i grundlaget for modelbrugers valg af fremskrivningsforudsætninger mhp. at fange de væsentligste strukturelle udviklingstendenser. Den tidsmæssige udvikling i niveauparametrene kan vurderes for parametrene bestemt ved statistisk kalibrering, hvilket er langt hovedparten af parametrene. Udviklingen i niveauparametrene over tid fanger flere typer effekter, når data ses igennem MAKRO som et filter. For det første et residual i forhold til modellens forudsigtelse. For det andet eventuelle historiske strukturelle trends såsom en voksende tjenestesektor. Endeligt vil nogle af parametrene indeholde ikke-modelleret persistens i data samt beskrive strukturelle brud. Ideelt set ønsker man at beholde de to sidste effekter i grundforløbet, mens det ikke er tilfældet for førstnævnte.<sup>23</sup> På den måde videreføres de langsigtede strukturelle ændringer i økonomien, mens en enkelt *outlier* i basisåret ikke får lov at påvirke fremskrivningen.

Der er en oplagt parallel mellem de statistisk kalibrerede niveau-parametre i MAKRO og summen af konstantled, trend og estimationsresidual (også kaldet justering-led eller blot J-led) i makroøkonometriske modeller. Når residualerne i de estimerede ligninger er blevet systematiske i de seneste år, vil man ofte fastholde eller gradvist aftrappe residuallet frem for at sætte det til nul. Hendry & Clements (2003) argumenterer for, at dette forbedrer modellens forudsigelsesevne, hvis der er strukturelle brud i data, eller hvis modeller ikke afspejler den sande datagenererende proces.<sup>24</sup> Typisk vil det være op til modelbrugeren, hvorvidt og hvordan estimationsresidualerne skal aftrappes i modellens grundforløb.

I DSGE-modeller vil man kunne medtage målefejl, når modellen estimeres (f.eks. Ireland, 2004), og disse målefejl kan så antages at være hvid støj eller tillades at have persistens. Per konstruktion indgår disse målefejl uden for modellen og påvirker ikke dens dynamik, men hjælper med at korrigere for evt. dynamisk misspecifikation (Canova, 2007). På den måde kan man sige, at målefejl i DSGE-modeller fanger to af de tre typer af effekter som de kalibrerede

---

<sup>23</sup> Det er vigtigt at få strukturelle trends med. En antagelse om, at en strukturel bevægelse, som har været i gang i mange år, pludseligt stopper første fremskrivningsår, kan være en hård antagelse.

<sup>24</sup> I MONA (2003) vises det, at modellens kortsigtede fremskrivninger får en betydelig bias for en række centrale variable, såfremt J-ledet med det samme sættes til nul i grundforløbet.

niveau-parametre, nemlig støj i data samt den ikke-modellerede eller misspecificerede dynamik, der findes i data.

I MAKRO anvendes en systematisk tilgang til at give et bud på fremskrivningen af de statistisk kalibrerede parametre til brug for fastlæggelse af fremskrivningsforudsætningerne i modellens grundforløb. Ved at betragte de kalibrerede parametre i MAKRO som tidsserier, kan man anvende standard økonometriske metoder til at give en teknisk beskrivelse af parametrenes tidsmæssige udvikling. Det inkluderer, hvorvidt ændringer i de statistisk kalibrerede parametre er midlertidige eller permanente, samt med hvilken hastighed de konvergerer mod deres underliggende niveauer. Specifikt anvendes proceduren, beskrevet i Hyndman & Khandakar (JSS, 2008), hvor statistiske tests og informationskriterier anvendes til at vælge den ARIMA-model, der bedst beskriver data. Proceduren indgik i den samlede metode i to af de bedst placerede bidrag for årlige dataserier i den seneste M4 *forecast*-konkurrence (Fiorucci & Louzada, 2020, og Shaub, 2020).

Beskrivelsen af serierne og den efterfølgende fremskrivning for de statistisk kalibrerede parametre foregår automatisk. Som et led heri har modelbrugerens adgang til en række output, der indikerer robustheden af den tekniske analyse. Overordnet set kan denne tilgang potentielt medvirke til at reducere modelbrugerens arbejde med at vurdere om fremskrevne strukturelle tendenser ser "fornuftige" ud i forhold til historikken, og dermed reducere behovet for håndholdte korrektioner.

Antagelserne om parametrenes udvikling i grundforløbet vil dog i sidste ende stadig være modelbrugerens ansvar, og de automatiserede enkeltvise fremskrivninger af modellens parametre tjener først og fremmest som input til modelbrugerens valg af fremskrivningsforudsætninger. Modelbrugerens bør forholde sig til i hvilket omfang grundforløbet i modellen kan forlade sig på de automatiske *særskilte* fremskrivninger af de enkelte parametre – herunder blandt andet i hvilket omfang der er behov for korrektioner heraf, fx af hensyn til *samspillet* imellem parametrene i modellens fremskrivning. I øvrigt er det helt generelt modelbrugerens ansvar at foretage de korrektioner til den tekniske fremskrivning, der skønnes nødvendige, baseret på informationer eller vurderinger uden for modellen.

I nogle tilfælde indgår en niveauparameter i en ligning sammen med forventningerne til fremtidige værdier af variable. Disse niveauparametre bestemmes med såkaldt *dynamisk kalibrering*. I seneste dataår er forventningen til fremtidige variable givet ud fra modellens forudsigelser og modellen løses for alle fremtidige perioder (pt. frem til år 2100) for at kunne fastlægge parametrene.<sup>25</sup>

Det vurderes dog også væsentligt at fange strukturelle trends for dynamisk kalibrerede parametre. Hermed kan man ikke blot ukritisk fremskrive de dynamisk kalibrerede parametre for seneste dataår uændret for hele fremskrivningshorisonten. I princippet kunne man konstruere en serie for de dynamisk kalibrerede parametre for hele den historiske periode, hvis man var villig til at benytte en antagelse om perfekt forudseenhed (eller evt. statiske forventninger). En antagelse om statiske forventninger er inkonsistent med modelleringen i seneste dataår og at benytte det i før seneste dataår kan give underlige hop i de estimerede parametre. En antagelse om perfekt forudseenhed historisk forekommer endnu mere urimeligt, da det ville kræve at fx finanskrisen i 2007 var fuldt forudset (jf. også diskussion i afsnit 1).

En bedre fremskrivning af dynamisk kalibrerede parametre, kunne opnås med *backcasting* baseret på de forventninger agenterne rent faktisk havde tilbage i tiden. Dette er dog et stort projekt, idet det kræver opbygningen af en database over "historiske forventninger" til

---

<sup>25</sup> Det er essentielt at fremskrive i et tilstrækkeligt antal år, typisk mindst 20-40 år. Om der fremskrives 40 eller 80 år betyder typisk ikke noget for de dynamisk kalibrerede parameterværdier, da saddelepunktdynamik sikrer en rimelig stabil vækstbane på mellemlang sigt.

modellens væsentligste parametre og variable, og er ikke en del af beta-versionen af MAKRO. Som et alternativ er de underliggende trends beregnet på baggrund af statiske forventninger. På kort sigt er parametre udledt ved statiske forventninger ikke modelkonsistente, mens det omvendt er tilfældet i en *steady state*. Den fejl, der begås (via antagelsen om statiske forventninger) forventes således primært at knytte sig til midlertidige udsving i parametrene, mens den underliggende udvikling ikke burde være påvirket væsentligt. Men også på dette punkt er det modelbrugerens ansvar at forholde sig til, i hvilket omfang de resulterende beregnede trends kan lægges til grund i modellens samlede fremskrivning.



### 3. Referencer

- ADAM. Adam - en model af dansk økonomi. Danmarks Statistik, 2012.
- M. Adolfson, S. Laseen, J. Linde, and M. Villani. Ramses - a new general equilibrium model for monetary policy analysis. Sveriges Riksbank working paper, 2007.
- M. Adolfson, S. Laseen, L. Christiano, M. Trabandt, and K. Walentin. Ramses ii - model description. Sveriges Riksbank Working Paper, 2013.
- G. Ahlfeldt and D. McMillen. New estimates of the elasticity of substitution of land for capital. ERSA conference papers, 2014.
- S. Andersen. Gentænkning af boligmodellen. Danmarks Statistik, ADAM arbejdspapir, 2013.
- T. M. Andersen and M. Svarer. Flexicurity in denmark. ifo DICE Report, 2008.
- P. Antras. Is the u.s. aggregate production function cobb-douglas? new estimates of the elasticity of substitution. Contributions in Macroeconomics, 2004.
- J. E. Arias, J. F. Rubio-Ramirez, and D. F. Waggoner. Inference based on structural vector autoregressions identified with sign and zero restrictions: Theory and applications. Econometrica, 2018.
- T. A. Aursland, I. Frankovic, B. Kanik, and M. Saxegaard. Nora - a microfounded model for fiscal policy analysis in norway. NORA Documentation, 2019.
- S. L. Autrup and J. L. Hensch. Do equity prices reflect the ultra-low interest rate environment? Nationalbanken Economic Memo, 2020.
- D. K. Backus, P. J. Kehoe, and F. E. Kydland. Dynamics of the trade balance and the terms of trade: The j-curve? American Economic Review, 1994.
- O. Blanchard and R. Perotti. An empirical characterization of the dynamic effects of changes in government spending and taxes on output. The Quarterly Journal of Economics, 2002.
- S. H. Boserup, W. Kopczuk, and C. T. Kreiner. The role of bequests in shaping wealth inequality: evidence from danish wealth records. American Economic Review, 2016.
- F. Brayton, T. Laubach, and D. Reiffschneider. The frb/us model: A tool for macroeconomic policy analysis. FEDS Notes, 2014.
- M. Browning and S. Leth-Pedersen. Imputing consumption from income and wealth information. The Economic Journal, 2003.
- F. Canova. Methods for applied macroeconomic research. Princeton University Press, 2007.
- C. D. Carroll. A theory of the consumption function, with and without liquidity constraints. Journal of Economic Literature, 2001.
- R. S. Chirinko. Sigma: The long and short of it. CESifo working paper series, 2008.
- M. A. Christensen. A cge model with ict and r&d-driven endogenous growth: A detailed model description. European Commission JRC Technical Reports, 2015.
- L. J. Christiano, M. Eichenbaum, and C. L. Evans. Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy. Journal of Political Economy, 2005.
- L. J. Christiano, M. S. Eichenbaum, and M. Trabandt. Unemployment and business cycles. Econometrica, 2016.



- P. Combes, G. Duranton, and L. Gobillon. The production function for housing: Evidence from france. IZA Discussion Papers, 2016.
- ECB. Measuring and interpreting the cost of equity in the euro area. Article in Economic Bulletin, issue 4, 2018.
- D. Epple, B. Gordon, and H. Sieg. A new approach to estimating the production function for housing. American Economic Review, 2010.
- J. Ejarque. Job destruction and job finding rates by age in denmark. DREAM memo, 2021a.
- J. Ejarque. Forecasting the Impact of Pension Age Reform on Job Destruction and Rates by Age in Denmark, 2021b.
- R. C. Feenstra. New product varieties and the measurement of international prices. American Economic Review, 1994.
- R. C. Feenstra, P. Luck, M. Obstfeld, and K. N. Russ. In search of the armington elasticity. The Review of Economics and Statistics, 2018.
- J. Fernandez-Villaverde. The econometrics of dsge models. International Review of Economics, 2010.
- Finansministeriet. Teknisk baggrundsrapport til vækstplan dk- stærke virksomheder, flere job. Teknisk baggrundsrapport, Finansministeriet, 2013.
- J. A. Fiorucci and F. Louzada. Groec: Combination method via generalized rolling origin evaluation. International Journal of Forecasting, 2020.
- M. Flavin and S. Nakagawa. A model of housing in the presence of adjustment costs: A structural interpretation of habit persistence. American Economic Review, 2008.
- C. Faroni, F. Furlanetto, and A. Lepetit. Labor supply factors and economic fluctuations. International Economic Review, 2018.
- J. Gali. Monetary policy, inflation, and the business cycle. An Introduction to the New Keynesian Framework, 2009.
- A. Ghosray, J. Ordóñez, and H. Sala. Euro, crisis, and unemployment: Youth patterns, youth policies? Economic Modelling, 2016.
- T. Havranek. Measuring intertemporal substitution: The importance of method choices and selective reporting. Journal of the European Economic Association, 2015.
- T. W. Hertel and D. van der Mensbrugge. Behavioral parameters. Chapter in GTAP documentation, 2016.
- R. Hillberry and D. Hummels. Trade elasticity parameters for a computable general equilibrium model. In: Handbook of Computable General Equilibrium Modeling, 2013.
- C. P. Hoeck and M. K. Bonde. The creation of lifecycle profiles for households in makro. DREAM memo, 2021.
- R. J. Hyndman and Y. Khandakar. Automatic time series forecasting: The forecast package for r. Journal of Statistical Software, 2008.
- E. Ilzetzki, E. G. Mendoza, and C. A. Vegh. How big (small?) are fiscal multipliers? Journal of Monetary Economics, 2013.
- J. Imbs and I. Mejean. Elasticity optimism. American Economic Journal: Macroeconomics, 2015.
- J. Imbs and I. Mejean. Trade elasticities. Review of International Economics, 2017.

P. N. Ireland. A method for taking models to the data. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 2004.

J. R. Jensen, J. G. Mikkelsen, and M. Spange. The ecb's unconventional monetary policy and the role of exchange rate regimes in cross-country spillovers. Danmarks Nationalbank working paper, 2017.

G. Kaplan, B Moll, and G. L. Violante. Monetary policy according to hank. *American Economic Review*, 2018.

N. Khorunzhina. Intratemporal nonseparability between housing and nondurable consumption: Evidence from reinvestment in housing stock. *Journal of Monetary Economics*, 2020.

R. Klump, P. McAdam, and A. Willman. Factor substitution and factor-augmenting technical progress in the united states: A normalized supply-side system approach. *The Review of Economics and Statistics*, 2007.

A. F. Kronborg. Estimating foreign shocks in a var model. DREAM working paper, 2021a.

A. F. Kronborg. Estimating government spending shocks in a var model. DREAM working paper, 2021b.

A. F. Kronborg and C. S. Kastrup. Estimering af forbrugssystemet i makro. DREAM arbejdspapir, 2020.

A. F. Kronborg and P. P. Stephensen. Decomposing the ins and outs of unemployment: Cyclical, structural, and demographic trends in the danish labor market. DREAM arbejdspapir, 2019.

A. F. Kronborg, C. S. Kastrup, and P. P. Stephensen. Estimating the constant elasticity of substitution when technical change is time-varying: A kalman filtering approach. DREAM arbejdspapir, 2019.

A. F. Kronborg and K. A. Poulsen. Estimerer for elasticiteterne i MAKROs produktionsfunktion. Nyt user cost-begreb for kapital. DREAM arbejdspapir, 2021.

A. F. Kronborg, K. A. Poulsen, and C. S. Kastrup. Estimering af udenrigshandelselasticiteter i makro. DREAM arbejdspapir, 2020.

M. Kumhof, D. Laxton, D. Muir, and S. Mursula. The global integrated monetary and fiscal model (gimf) - theoretical structure. *IMF Working Paper*, 2010.

W. Li, H. Liu, F. Yang, and R. Yao. Housing over time and over the life cycle: A structural estimation. *International Economic Review*, 2016.

F. Lund-Thomsen. Matching macro theory with data - implementing and estimating the effects of macroeconomic shocks on the danish economy. Master Thesis, Copenhagen University, 2016.

MONA. Mona - en kvartalsmodel af dansk økonomi. Danmarks Nationalbank publikation, 2003.

A. Mountford and H. Uhlig. What are the effects of fiscal policy shocks. *Journal of Applied Econometrics*, 2009.

J. Muck. Elasticity of substitution between labor and capital: Robust evidence from developed countries. NBP Working Paper, 2017.

OECD. Metro version 3 - model documentation. *OECD Documentation*, 2020.

J. Pedersen. An estimated dsge-model for denmark with housing, banking, and financial frictions. Danmarks Nationalbank Working Papers, 2016.

- J. Pedersen and S. H. Ravn. What drives the business cycle in a small open economy? evidence from an estimated dsge model of the danish economy. Danmarks Nationalbank Working Papers, 2013.
- G. Peersman. Macroeconomic effects of unconventional monetary policy in the euro area. ECB Working Paper, 2011.
- M. Piazzesi, M. Schneider, and S. Tuzel. Housing, consumption and asset pricing. Journal of Financial Economics, 2007.
- M. Ratto, W. Roeger, and J. i.t. Veld. Quest iii: An estimated dsge mode of the euro area with fiscal and monetary policy. European Commission Economic Papers, 2008.
- S. H. Ravn and M. Spange. The effects of fiscal policy in a small open economy with a fixed exchange rate. Open Economies Review, 2014.
- F. J. Ruge-Murcia. Methods to estimate dynamic stochastic general equilibrium models. Journal of Economic Dynamics & Control, 2007.
- D. Shaub. Fast and accurate yearly time series forecasting with forecast combinations. International Journal of Forecasting, 2020.
- R. Shimer. Reassessing the ins and outs of unemployment. Review of Economic Dynamics, 2012.
- J. Sousa and A. Zaghini. Monetary policy shocks in the euro area and global liquidity spillovers. International Journal of Finance & Economics, 2008.
- P. Stephensen. Logit scaling: A general method for alignment in microsimulation models. International Journal of Microsimulation, 2016.
- N. L. Stokey. Moving costs, nondurable consumption, and portfolio choice. Journal of Economic Theory, 2009.
- T. Thomsen. Klem-estimationer 1968-2013. InterACT working paper, 2015.
- P. A. Troelsen. Fiscal expenditure shocks in a structural var and adam. Nationaløkonomisk Tidsskrift, 2016.
- S. Wren-Lewis. Ending the microfoundations hegemony. Oxford Review of Economic Policy, 2018.