

Utvärdering av den svenska bonus–malus-politiken

Chandra Krishnamurthy,
Aemiro Melkamu Daniel, Rob Hart

RAPPORT 7194 | JULI 2025



Utvärdering av den svenska bonus–malus-politiken

av Chandra Krishnamurthy, Aemiro Melkamu Daniel
och Rob Hart

Naturvårdsverket
Tel: 010-698 10 00
E-post: registrator@naturvardsverket.se
Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm
Internet: www.naturvardsverket.se

ISBN 978-91-620-7194-3
ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2025

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma 2025
Omslagsfoto: Rob Hart

Förord

Här presenteras resultaten från forskningsprojektet Utvärdering av den svenska bonus–malus-politiken, ett av fyra projekt som genomförts inom forskningsområdet Tillämpning av samhällsekonomiska analyser.

Med forskningsområdet ville Naturvårdsverket och Havs – och vattenmyndigheten stödja forskning som stärker tillämpning av samhällsekonomiska analyser i miljöarbetet och stödjer utredare på myndigheter som arbetar med styrmedelsutformning.

Projektet har finansierats med medel från Naturvårdsverkets Miljöforskningsanslag.

Rapporten har skrivits av Chandra Krishnamurthy, Aemiro Melkamu Daniel och Rob Hart (SLU). Rapporten har granskats för vetenskaplig kvalitet av opartisk vetenskaplig expert och för praktisk relevans av handläggare på Naturvårdsverket.

Författarna svarar för rapportens innehåll.

Naturvårdsverket Juli 2025

Marie Uhrwing
Avdelningschef Hållbarhetsavdelningen

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	5
1. Inledning	7
1.1 Mål	7
1.2 Politik för att minska transportrelaterade koldioxidutsläpp	8
1.3 Översikt av relaterad litteratur	11
2. Metoder	13
2.1 Bakgrund	13
2.2 Jämviktsmodellen för nya bilar	14
2.2.1 Översikt över modellen	14
2.2.2 Den fullständiga modellen	17
2.2.3 Data	20
2.2.4 Utvärdering av bonus-malus-politiken	20
2.3 Bonus-malus-politikens effekt på VKT	21
3. Resultat	23
3.1 Deskriptiv analys av marknaden för nya bilar	23
3.1.1 Bonus-malus och marknaden för nya bilar	23
3.1.2 Vem äger en BEV eller PHEV?	25
3.2 Estimeringsresultat	27
3.3 Estimeringar av efterfrågeelasticiteter	30
3.4 Effekter av bonus-malus-politiken	32
3.4.1 Effekten jämfört med business-as-usual	32
3.4.2 Effekten av alternativa policyutformningar	34
3.5 Effekter på den totala bilmarknaden och körsträcka	36
3.5.1 Svenska fordons körmönster	37
3.5.2 Mönster i fordonsaffärer	39
4. Diskussion	41
4.1 Huvudresultat och deras relation till befintlig litteratur	41
4.2 Begränsningar	43
4.3 Implikationer för framtida forskning	45
4.4 Bredare relevans	46
5. Slutsatser	47
Bilagor	49
A1. Efterfrågemodellen	49
A2. Utbudsmodellen	50
A3. Marknadens efterfrågan och utbud under bonus-malus-policyn	51
A4. Använda instrument	52
Acknowledgements	54
6. Källhänvisning	55
Publikationer	57

Sammanfattning

Denna rapport fokuserar på bonus-malus-systemet för nya bilköp som innebär att det tas ut en avgift (malus) eller ges ett bidrag (bonus) baserat på fordonets utsläppsintensitet. Policyn är en viktig del av Sveriges ansträngningar för att påskynda omvandlingen av dess privata bilflotta mot en koldioxidfri framtid. Eftersom policyn tillämpas på varje nytt bilköp är det både viktigt och utmanande att utvärdera i vilken grad den är framgångsrik. Dessutom är policyn en del av ett brett landskap av åtgärder som syftar till att påskynda övergången till personbilar med nollutsläpp. Därför är ett enhetligt ramverk för att förstå effekten av olika policyåtgärder viktigt för att informera och förfina policyåtgärder.

Vi presenterar en jämviktsekonomisk modell för att utvärdera policyåtgärder som påverkar den svenska marknaden för nya bilar, samt visar hur denna modell kan användas för att utvärdera alternativa åtgärder. Resultaten hjälper oss att förutsäga effekterna av förändringar i policyn på nybilsförsäljning och långsiktiga utsläpp. Utöver modellen som fokuserar på inköp av nya bilar presenterar vi även en databaserad utforskning av effekten av bonus-malus-politiken på bilanvändning.

Modellen är enkel och transparent. Den består av en efterfråge- och en utbuds-komponent, där efterfrågekomponenten är detaljerad på bilmodellsnivå medan utbudsmodellen tillåter tillverkarna att reagera på politiken genom att ändra relativa priser på befintliga bilmodeller. Den parametreras genom ekonometriska beräkningar med hjälp av data om varje enskild hushålls bilinnehav och användning, samt socioekonomiska egenskaper, för perioden 2014–2019.

Våra data visar en rejäl minskning i dieseldrivrars marknadsandel efter införandet av bonus-malus-systemet, till förmån för både bensindrivna och eldrivna fordon. Med modellens hjälp kan vi dock konstatera att större delen av detta tapp orsakades av andra faktorer, medan ändringen i politiken (från supermiljöbilspremien till bonus-malus-systemet) orsakade minskningar i försäljning av både bensin- och dieseldrivna bilar med ungefär 5 procent, medan försäljning av laddbara elektriska fordon ökade med omkring 10 procent tack vare politiken. Minskningen av koldioxidutsläpp orsakad av policyn uppgick till 6 procent av de totala utsläppen från nya bilar.

Politiken påverkar både sannolikheten att köpa en ny bil och vilken typ av ny bil som köps. Malusen pressar hushåll att antingen köpa en bil med laddningsmöjlighet (om bonusen är tillräckligt hög) eller att avstå från att köpa en ny bil överhuvudtaget. Våra policyexperiment visar att den senare effekten är betydande, och är huvudorsaken till den observerade minskningen i utsläpp från nya bilar. Följaktligen är storleken på malusbeloppet avgörande för den kortsiktiga effekten på utsläppen från hela nybilsflottan.

Vår utforskning av bilanvändande omfattar hela bilflottan och bygger på ett ramverk inom vilket vi kan ta hänsyn till faktum att fordonsval och körsträcka bestäms i viss mån samtidigt; om man till exempel bestämmer sig för att köra längre sträckor kanske man skaffar en bränslesnålare bil. Denna analys visar att elektriska fordon körs mycket likt bensin- och dieseldrivna bilar. Alltså behöver vi inte oroa oss för att elbilar införskaffas pga. incitamenten utan att sedan användas i någon större utsträckning. Dessutom tyder analysen på att policyn kan ha utlöst en våg av aktivitet på marknaden för relativt nya begagnade bilar, vilket stöder teorin

förutsägelse att policyn riskerar att höja värdet på begagnade fossildrivna bilar och därmed sakta ner skrotningen av sådana fordon. Alltså finns det en risk att policyn, samtidigt som den uppmuntrar en långsiktig förskjutning mot noll-utsläppsfordon, kan utlösa en motverkande förlängning av livslängden för de mest förorenande fordonen på kort och medellång sikt.

En begränsning i vårt arbete är att vi inte kan undersöka styrmedels effekter på bilanvändning kvantitativt. Detta är ett viktigt område för framtida forskning eftersom bilanvändning, snarare än inköp, är avgörande för totala utsläpp från sektorn på kort och medellång sikt. Denna forskning kan med fördel bygga vidare på vår ansats.

En annan svaghet i vår analys är hanteringen av dynamiska effekter. Teknologin för laddbara fordon är under förändring, och även andra viktiga faktorer som tillgång till laddinfrastruktur utvecklas, vilket innebär att vår analys snabbt kan bli föråldrad. Till exempel kan det tänkas att laddbara och fossildrivna bilar blir bättre substitut allt eftersom deras egenskaper (pris, räckvidd, osv.) liknar varandra mer, vilket kan innebära att resultatet att malus avskräcker från fossil-köp utan att uppmuntra el-köp stämmer allt sämre med tiden. Lösningen är förstås att uppdatera analysen allt eftersom nya data blir tillgängliga.

Bonus-malus är en av en flora av olika åtgärder kring biltrafik och koldioxidutsläpp, inklusive EU:s utsläppsprestandastandarder (EPS), samt ett aviserat förbud mot fossildrivna bilar från 2035. Modellen skulle kunna utvecklas för att ta hänsyn till vissa av dessa faktorer, som till exempel förändringar i laddinfrastruktur. En viktigare begränsning är dock att vi fokuserar enbart på styrmedels kortsiktiga effekter, och därmed inte (till exempel) hur det aviserade fossil-förbudet påverkar investeringar i ny teknik och modellutveckling. Att analysera sådana effekter kräver en helt annan ansats.

Bonus-malus-system är nära släkt med politik som bygger på EPS, där företagen själva måste korssubventionera lågutsläppsprodukter på bekostnad av mer förorenande alternativ. En fördel med sådana system är, paradoxalt, att de inte ger nettoinkomster till staten, vilket gynnar acceptansen. Sammantaget kan EPS-system vara attraktiva i marknader där det finns både motstånd till utsläppsskatter och stora skillnader i utsläpp som är direkt kopplade till olika produkter eller teknikval. Ett exempel på ett område som uppfyller dessa kriterier är livsmedelsförsäljning. I detta sammanhang skulle staten kunna kräva att varje större återförsäljare (ICA med flera) måste hålla sina totala klimatutsläpp per intäktskrona under en viss gräns. Det skulle kunna uppnås genom att lågutsläppsprodukter korssubventioneras på bekostnad av högutsläppsalternativ, men även genom att sätta press på leverantörer att minska sina produktionsutsläpp eller genom effektiviseringar inom det egna ledet.

1. Inledning

1.1 Mål

Enligt den svenska klimatlagen strävar Sverige efter att ha noll nettoutsläpp av växthusgaser senast år 2045. En milstolpe på vägen är en minskning av växthusgasutsläpp från inhemsk transport med 70 procent (relativt 2010) senast 2030. Policy hittills – inklusive bonus-malus-systemet som är föremål för denna rapport – har fokuserat på att öka koldioxideffektiviteten i bilflottan genom att uppmuntra köp av lågutsläppsfordon – särskilt batterielektriska fordon (BEV) – snarare än att uppmuntra skrotning av högutsläppsfordon eller att avskräcka från bilinnehav och körning helt och hållet. Bonus-malus-systemet gör detta genom att straffa köp av fordon med högre utsläpp ("malus") och subventionera köp av fordon med lägre utsläpp ("bonus"). Följaktligen, medan upptaget av BEV accelererar, ökar även antalet privata personbilar och den totala körsträckan (enligt vår preliminära bedömning med 16 procent respektive 7 procent sedan 2010).

Målet med denna rapport är att ge en explicit utvärdering av effekten av bonus-malus-systemet på koldioxidutsläpp, vars minskning är det slutgiltiga målet för den svenska klimatlagen. Detta mål innebär många utmaningar, delvis eftersom policyn endast påverkar utsläpp indirekt (genom att ändra det relativa priset mellan mer och mindre förorenande fordon), och därför är en så-kallad "näst-bäst" policy (där en först-bäst policy måste direkt rikta in sig på källan till utsläpp, bilanvändning, med en skatt). Effekterna av bonus-malus på koldioxidutsläpp beror på användningen av bilar, nya och gamla, och på hushållens svar på policyn. Således beror nettoförändringen i koldioxid- och icke-koldioxidutsläpp som följer av policyn på tre aspekter: nettoförändring i fordonköp ("köp"); marknadsandelar av bilar med varierande utsläppsprofiler ("marknadsandelar"); och användning av fordon med varierande utsläppsprofiler ("användning" eller "sträcka"). Medan bonus-malus-policyn direkt riktar in sig på en aspekt, marknadsandelar, är dess effekter på de andra två aspekterna både viktiga och svåra att mäta på aggregerad nivå.

Bonus-malus-policyn påverkar därför direkt marknadsandelen av låg- eller noll-koldioxidfordon, vilket är ett mått på framgång. Ett annat, mer meningsfullt, mått är nettominskningen av koldioxidutsläpp som kan tillskrivas policyn. Liknande system i andra länder har ofta lett till oväntade resultat, inklusive en ökning av koldioxidutsläpp och fordonköp. Vi beskriver i denna rapport två kompletterande sätt, som motsvarar dessa två mått, för att kvantifiera effekten av bonus-malus-policyn. Dessutom ger metoderna vi föreslår också ett sätt att utvärdera olika aspekter som är viktiga för policyformulering, inklusive att förstå effekten av olika varianter av denna policy (t.ex. ökad stränghet via sänkt tröskel för bonus, ökade malusbelopp) och effekterna av denna policy på olika hushållstyper. I denna mening ger vi ett omfattande sätt att utvärdera en policy vars effekter på transportrelaterade utsläpp verkar genom en mängd olika kanaler.

Marknaden för nya bilar. Vårt huvudmål är att analysera den direkta effekten av bonus-malus-politiken på marknaden för nya bilar.

1. Vad är effekten av bonus-malus på andelen högutsläpps- och lågutsläppsfordon på marknaden för nya bilar? Baserat enbart på förändringar på marknaden för nya bilar, vilka är de förväntade effekterna på CO₂-utsläpp och tillverkarens vinster?
2. Hur känsliga är resultaten för förändringar i trösklarna för bonus och malus, samt för storleken på de monetära incitamenten? Kan politiken justeras (genom t.ex. förändringar i trösklarna för bonus och malus) för att uppnå samma utsläppsminskningar till en lägre kostnad?

Körda kilometer. Vårt sekundära mål är att undersöka effekterna av politiken på körda kilometer, här kallat VKT (vehicle kilometers travelled).

1. Hur har marknaden för begagnade bilar, och VKT för olika fordonsslag, utvecklats som ett resultat av bonus-malus-systemet?
2. Vilka ytterligare forskningsinriktningar är mest lovande när det gäller att skapa en modellram för att förstå dessa aspekter mer formellt?

1.2 Politik för att minska transportrelaterade koldioxidutsläpp

Att hantera problemet med global klimatförändring kommer att kräva betydande förändringar i många sektorer inom ekonomin, inklusive transport och elproduktion. Elektrifiering av fordonsflottan anses nu vara en central del för att hantera transportrelaterade koldioxidutsläpp globalt. Länder över hela världen, inklusive Sverige, har satt ambitiösa långsiktiga mål för att övergå från förbränningsmotorer (ICEs, internal combustion engines), med mål för storskalig adoption av batterielektriska fordon (BEV) eller tidslinjer för att fasa ut ICE-fordon (ICEV) helt. Dessa medel- och långsiktiga mål kompletteras ofta av specifika policyåtgärder, såsom skatter, avgifter, subventioner eller krediter, som riktar sig mot efterfrågan och utbudet av fordon, specifikt lätta personbilar.

Trots – eller kanske på grund av – förekomsten av en mängd olika policyåtgärder är vägen mot utsläppsminskning och elektrifiering av personbilsflottor oklar: det finns mängder av kortsiktiga avvikelser och justeringar av både de långsiktiga målen och den policyblandning som styr fordonsflottan mot det önskade långsiktiga målet. Till exempel drog Tyskland plötsligt tillbaka subventioner för en rad fordon med låga koldioxidutsläpp inklusive nollutsläppsfordon (ZEVs, zero-emission vehicles) 2023, och Sverige har gjort flera policyförändringar sedan införandet av supermiljöbilspremien 2012. Ännu mer allvarligt är det som hände så sent som mars 2025, när EU kommissionen backade om kravet på biltillverkare att uppnå en ny, tuffare standard för de genomsnittliga utsläppen från sina bilar från och med 2025, till att uppnå denna under period 2025–2027 istället.¹ Dessa policyförändringar uppstår ofta från önskan att behålla flexibilitet men – med tanke på målet att övergå till

¹ Se https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/co2-emission-performance-standards-cars-and-vans_en

en helt ZEV-flotta från ett visst datum – gör det privata beslutsfattandet svårare och tenderar därmed att förlänga tidslinjen mot ZEV-flottan. Och blandningen av policyåtgärder i olika jurisdiktioner gör det svårt att förstå, och därmed kalibrera, effekterna av olika policyåtgärder som riktar sig till att påskynda elektrifieringen av fordonsflottan, trots det övergripande ramverket som ges av EU:s utannonserade förbud mot ICE-försäljning från 2035.

Svenskt stöd för köp av fordon med låga koldioxidutsläpp började 2012, när personbilar (inklusive företagsbilar) med utsläpp under 50 g CO₂/km kvalificerade för en så kallad *supermiljöbilspremie*, på 40 000 SEK för både BEV och PHEV, som sänktes till 20 000 SEK för PHEV (från och med 1 januari 2017). Enligt denna policy beviljades ett undantag från fordonsskatt i fem år vid första köpet för personbilar som definierades som ”gröna”.²

Bonus-malus-systemet infördes den 1 juli 2018 och ersatte alla befintliga incitament gällande nya fordon (bilar registrerade under befintliga system tilläts slutföra sina rabattperioder). Bonus-malus-systemet använde två specifika faktorer för att stimulera köp av ”gröna” bilar och var tillämpligt för alla nya bilköp, inklusive direkta individuella köp, privatleasing av individer och företagsbilar som används av anställda (för denna kategori beräknas bonusbelopp något annorlunda och vi tar inte hänsyn till denna kategori av köp i vår analys). Det ursprungliga systemet³ erbjöd i huvudsak en engångsrabatt (”bonus”) vid köp av nya bilar beroende på dess koldioxidutsläpp och en avgift (”malus”) under de första tre åren efter registrering som berodde på både koldioxidutsläpp och bränsletyp.

Kortfattat fick bilar med 0 utsläpp (uteslutande BEV) en rabatt⁴ på 60 000 SEK, medan PHEV fick en rabatt som varierade mellan 45 000 och 10 000 SEK beroende på deras utsläppsprofil⁵ och gasdrivna fordon (eller CNG-fordon, *compressed natural gas*) fick en fast bonus på 10 000 SEK (men deras andel var mycket låg och minskade snabbt under de första åren av politiken). Fordon vars utsläpp översteg 95 g CO₂/km utsattes för en avgift som, från och med 1 juli 2018, bestod av tre komponenter (under de första tre åren efter första registreringen): en grundavgift på 360 SEK, som betalas av alla registrerade fordon; en CO₂-baserad avgift, som varierade mellan 82 SEK per g CO₂ (mellan 95 g CO₂/km och 140 g CO₂/km) eller 107 SEK per g CO₂ (för

² Definitionen av ”grön” var ganska bred och inkluderade, förutom alla fordon med ett batteri (som täcker el-hybrider, PHEV och BEV), många fordon som hade ”låga” utsläpp vid blandad körning, baserat på en komplex formel som inkluderade vikt och bränsle som användes. Detta skatteavdrag (*femårig skattebefrielse*) fasades också ut med införandet av bonus-malus, vilket innebar att bilar registrerade på/efter 1 juli 2018 inte fick denna förmån. Alla supermiljöbilar var undantagna från denna skatt, men det var även många bilar som inte var det. Formeln för beräkning av berättigande är komplicerad och finns på <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/forдон/fordonsskatt/femårig-skattebefrielse/>

³ Betydande ändringar i systemet har gjorts tre gånger. Först, från och med 1 april 2021, ökades bonusen för nollutsläppsfordon till 70 000, medan tröskeln för bonus sänktes till 60 g CO₂/km, med beräkningen flyttad till en nyare WLTP-cykel (från den mer generösa NEDC-cykeln, mellan 2017 och 2020), vilket ledde till något ökade utsläppsfaktorer för befintliga fordon. Sammantaget ledde dessa förändringar till att bonusen för PHEV sjönk med cirka 10 000 SEK i genomsnitt. För det andra avskaffades bonusen helt från och med 9 november 2022. För det tredje genomfördes förändringar av malusbelopp och pivotpunkter från och med 1 april 2021 och 1 juni 2022. Se <https://www.transportstyrelsen.se/en/road/vehicles/taxes-and-fees/bonus/>

⁴ Eventuell rabatt betalas ut till köparen först efter sex månader från köpet (under förutsättning att budgeten hos Transportstyrelsen inte ”tar slut”) om det inte sker något ägarbyte under dessa sex månader. I praktiken var det ofta betydande förseningar i utbetalningen av bonusen, även om alla berättigade köp slutligen betalades.

⁵ Alla bilar med utsläpp över 0 men under 70 g CO₂/km fick 45 000 SEK minus 583 gånger deras utsläppskoefficient, vilket minskade linjärt till 10 000 SEK för bilar med en utsläppsfaktor på 70 g CO₂/km. Alla rabatter är föremål för ett tak på 25 % av inköpspriset. I praktiken innebar detta att PHEV fick betydande bonusbetalningar, eftersom deras utsläppskoefficient låg mellan 0 och 60. Inget ICE-fordon hade utsläpp under denna tröskel, så ingen ICE-bil var berättigad till rabatt, förutom gasdrivna (eller CNG-) fordon.

utsläpp över 140); och två ytterligare avgifter som betalades av alla dieslbilar, en fast ytterligare avgift (på 250 SEK per år) och en ytterligare bränsleavgift beroende på CO₂-utsläpp. Nästan alla PHEV och alla BEV betalar därmed endast 360 SEK i fordonsskatt årligen, vilket är en betydligt lägre summa än något motsvarande bensin-/dieslbil.

Således riktar sig bonus-malus-politiken till marknaden för nya bilar, med den huvudsakliga effekten sannolikt på valet av drivlina (bränsletyp) för nya bilar, och främjar BEV och PHEV. Om vårt fokus hade varit uteslutande på mycket lång sikt – mer än 15 år framöver – hade det varit meningsfullt att fokusera enbart på att främja BEV-köp på marknaden för nya bilar. Men eftersom det är viktigt att minska koldioxidutsläpp även på kort och medellång sikt måste vi också utvärdera effekterna av policyåtgärder som bonus-malus på körda kilometer av ICE-fordon (och i mindre utsträckning PHEV), eftersom det är det som ger upphov till koldioxidutsläpp i nuet. Relationen mellan hur bilar körs och deras köp är, även för ett enskilt hushåll, icke-trivial. Detta blir ännu mer komplext när hela fordonsflottan beaktas. Den viktigaste punkten att ha i åtanke är att endast om, på samhällsekonomisk nivå, en lägre-koldioxidutsläppande VKT (rest fordonskilometer) ersätter en högre-koldioxidutsläppande VKT (utan en total ökning av VKT) kan politiken sägas ha lett till en minskning av utsläppen.

För att förstå de frågor som är involverade, tänk först på ett enskilt hushåll som köper en ny bil. Om detta enbils-hushåll skrotar ett befintligt ICE-fordon och köper en BEV, är bidraget från bonus-malus till hushållets koldioxidutsläpp tydligt: utsläppen måste minska. Om detta hushåll byter till en PHEV, beror graden av utsläppsminskning på hur mycket den nya PHEV körs, men det är rimligt att förvänta sig att även detta hushåll kommer att uppleva en viss minskning av sina utsläpp, och nettoutsläppen i ekonomin kommer även i det här fallet att minska. Men om detta hushåll bara har sålt sin begagnade bil till ett annat hushåll och köpt en PHEV, kommer nettoeffekten av detta köp att bero på den relativa koldioxidintensiteten för körning av båda bilarna, och i vilken grad båda bilarna skulle ha körts. Effekterna på hushållsnivå och på samhällsekonomisk nivå är nu svåra att förutse, även om en rimlig förväntan är att det PHEV-köpande hushållet självt kommer att minska sina koldioxidutsläpp.

Tre nyckelfaktorer kan ses som viktiga här för utsläppen från hela fordonsflottan: (i) utsläppsintensiteten för nya köpta fordon; (ii) effekten av nytt fordonsköp (på grund av politiken) på marknaden för begagnade fordon; och (iii) i vilken grad fordon med olika bränsletyper och åldersprofiler körs av olika hushållstyper.⁶

Eftersom effekten av politiken på utsläppsintensiteten för nya fordon är uppenbar, vänder vi oss till den andra faktorn, effekten på marknaden för begagnade bilar. Effekten av malus på nya ICE-fordon kan antas säkerställa att fordon som är nära substitut till dessa (t.ex. lätt begagnade dieslbilar) kommer att öka i värde. Effekten av denna prishöjning på transaktioner är dock inte uppenbar: generellt förväntar vi att en chock ändrar värdet på en tillgång på marknaden (t.ex. bostäder eller aktier) utan att det nödvändigtvis sker några transaktioner. Hur detta påverkar fordonsanvändning (dvs. VKT) från ICE-flottan är därför oklart. Detta är viktigt att förstå eftersom denna flotta dominerar, i antal och VKT, den nya bilflottan med nästan

⁶ Ytterligare en faktor som kan påverka är koldioxidintensiteten i elnätet. Vi diskuterar inte denna faktor eftersom den svenska elproduktionen är nästan helt koldioxidfri.

två storleksordningar. Det finns mycket lite bevis från litteraturen som relaterar till riktningen av denna effekt.

Den tredje effekten, kopplad till hushållsheterogenitet, är viktig för vår kontext eftersom om BEV används mindre än ICE-fordon är effekten på koldioxidutsläpp mindre än vad som direkt kan antas av en en-till-en-ersättning mellan ICE och BEV VKT. Det är inte ovanligt att anta att BEV används mindre (se t.ex. Davis (2023)). Dock finns vissa bevis från Norge (Fevang et al. (2021)) som tyder på att BEV faktiskt används mycket, men inga jämförande bevis för Sverige. Detta innebär att det är svårt att ens spekulera i om denna aspekt påverkar antagen utsläppsminskning från bonus–malus-politiken.

1.3 Översikt av relaterad litteratur

Vårt arbete berör två relaterade litteraturgrenar. Den första handlar om fordonsval och inkluderar utvärderingar av bonus–malus-policyer och så kallade CAFE-standarder (Corporate Average Fuel Economy), där varje tillverkare tilldelas en bränsleeffektivitetsstandard justerad efter fordonsvikt. Den andra grenen utforskar hur fordonsanvändning och fordonsval hänger samman och hur de förhåller sig till policy. Även om projektets huvudfokus ligger på policyns effekt på fordonsval, utforskar vi också kort, via enkel datautforskning, hur bonus–malus-policyn påverkar körsträckan (VKT) för olika fordonsstyper och hur det hänger samman med hushållens bilportfölj.

Litteraturen som relaterar till projektets huvudfokus, utvärderingen av effekten av bonus–malus på fordonsval, är begränsad – det finns få studier som har utvärderat effekten av faktiska program. Baserat på data om nybilsförsäljning från 2002 till 2008 i Tyskland visar Adamou et al. (2014), med hjälp av simuleringar, att ett intäkts-neutralt hypotetiskt bonus–malus-system inte nödvändigtvis leder till välfärdsförbättringar. Mer specifikt föreslår denna studie att, för välfärdsförbättringar, måste pivotpunkten (dvs. den punkt där rabatter övergår till avgifter) sättas betydligt under den genomsnittliga CO₂-utsläppsintensiteter för bilar och att den marginella skattesatsen bör vara ”icke-betydande”. Olika varianter av faktiska bonus–malus-system för Frankrike och Japan utvärderas i d’Haultfoeuille et al. (2014); Durrmeyer (2022) respektive Abe (2022); Konishi and Zhao (2017). Dessa representerar de enda utvärderingarna av bonus–malus-system som vi känner till.

d’Haultfoeuille et al. (2014) finner att den miljömässiga effekten av det kortlivade franska bonus–malus-programmet 2008 var en ökning av utsläppen, till följd av en 13-procentig ökning i försäljningen av nya bilar. Denna studie tar dock inte hänsyn till de komplexa marknadsinteraktionerna mellan konsumenter och biltillverkare. Med tanke på att bilmarknaden representerar en starkt differentierad produktmarknad, där tillverkare kan modifiera bilattribut och olika konsumenter anpassar sina bilval på olika sätt efter införandet av ett bonus–malus-system, är det viktigt att använda en strukturell ansats och ta hänsyn till konsumenternas heterogenitet för att bättre förstå de aggregerade och fördelningsmässiga effekterna av en sådan policy.

Konishi and Zhao (2017) analyserar interaktionen mellan konsumenter och tillverkare med hjälp av aggregerad data om bilköp. Denna studie ger dock inga bevis på fördelningsmässiga implikationer av programmet på grund av databegränsningar, främst användningen av aggregerad data angående konsumenterna.

Studien som ligger närmast vår egen är Durrmeyer (2022), som kvantifierar välfärds-effekterna av det franska bonus-malus-programmet. Med hjälp av en strukturell modell för efterfrågan och utbud som tar hänsyn till en viss grad av konsument-heterogenitet, uppskattar denna studie att programmet ledde till en minskning av de genomsnittliga koldioxidutsläppen (men ökade utsläppen av lokala föroreningar) med 1,6 %, och att programmet främst gynnade medelinkomstkommuner. Denna studie utnyttjar korrelationen mellan genomsnittliga konsument- och bilegenskaper på kommunnivå för att identifiera observerad heterogenitet i preferenser för bilattribut.

Prisbaserade instrument för att styra fordonsval är inte allmänt förekommande, och endast ett fåtal studier inkluderar valet av körsträcka i analysen av sådana instrument. De studier som ligger närmast vår egen är Johansen and Munk-Nielsen (2022), Bansal and Dua (2022) och Chugh and Cropper (2017). Effekten av det norska momsundantaget för BEV studeras i Johansen and Munk-Nielsen, som utvecklar en modell som inte bara tar hänsyn till gemensamt fordonsval (nya och begagnade) och körbeslut utan också hushållens portföljkomplementariteter. De finner att BEV-adoptionsincitament generellt ger mindre miljömässiga fördelar än vad som förväntas när man inte tar hänsyn till körbeslut, delvis på grund av portföljkomplementariteter. De finner även att mer traditionella instrument som enkla bränsleskatter ger större fördelar till lägre kostnad. Bansal and Dua analyserar ett hypotetiskt bonus-malus-system för Indien och Kina, med hjälp av ett stort dataset byggd på konsumentenkafer, i ett ramverk där VKT och bilval undersöks gemensamt. De inkluderar dock inte specifika portföljöverväganden, och fokuserar endast på marknaden för nya bilar. De rapporterar att ett intäktsneutralt bonus-malus-system resulterar i lite bränslebesparingar (det explicita politiska målet), på grund av ökad körsträcka inducerad av högre bränsleeffektivitet. Andra relaterade studier (Chugh and Cropper, 2017, Bento et al., 2009) finner också att när hänsyn tas till VKT och fordonsval dämpas fördelarna med policyåtgärder (t.ex. bränsleskatter) som syftar till att öka fordonsflottans bränsleeffektivitet signifikant, delvis på grund av VKT-ökningen.

En väsentlig skillnad från existerande litteratur är att vi observerar – utöver de köpta varornas (i vårt fall bilarnas) attribut – konsumenternas egenskaper för alla köpta enheter. Att vi observerar både konsumentegenskaper och bilval gör det möjligt för oss att associera preferenser för ett bilattribut med egenskaperna hos de konsumenter som köper just en sådan bil. Därmed skiljer sig vår analys från de flesta studier i litteraturen om differentierade produkters efterfrågan i allmänhet och bilars efterfrågan i synnerhet. Mer specifikt möjliggör tillgången på befolkningsnivådata för hushåll att vi mer exakt kan ta hänsyn till heterogenitet i konsumenternas preferenser på gruppnivå för observerade bilattribut. Genom att på detta sätt ta hänsyn till variationer i preferenser för bilattribut tillåter vi substitutionsmönster att styras inte bara av bilens attribut utan också av konsumenternas egenskaper på gruppnivå. Dessutom kan vi analysera fördelningsmässiga effekter av bonus-malus-policyn på ett flexibelt och detaljerat sätt, vilket gör det möjligt för oss att analysera flera grundläggande fördelningsmässiga frågor relaterade till stödpolicyåtgärder för PHEV och BEV. Med hjälp av en hanterbar Bertrand-Nash-jämviktsmodell för utbudet av privata bilar, tillsammans med efterfrågemodellen som beskrivs här, estimerar vi marginalkostnader för alla biltyper och studerar tillverkarnas reaktion på bonus-malus-programmet.

2. Metoder

Vår primära metod för att utvärdera bonus-malus-politiken för nya fordon är att skapa och parametrисera en statisk strukturell jämviktsmodell för den svenska marknaden för nya bilar, och sedan använda den för att genomföra policy-experiment. Modellen är i grunden mycket enkel och transparent, som framgår av beskrivningen i avsnitt 2.2.1 nedan. Den består av en efterfråge- och en utbuds-komponent, där efterfrågekomponenten är mycket detaljerad på bilmodellsnivå medan utbudsmodellen tillåter bilmarknaden (i synnerhet tillverkarna) på den lilla bilmarknaden att reagera på kort sikt på politiken genom att ändra relativa priser på befintliga bilmodeller. Modellen parametrисeras genom ekonometriska beräkningar med hjälp av detaljerade fordonsregistreringsdata och data (på hushållsnivå) om hushållsegenskaper för perioden 2014–2019. Vår sekundära metod är en databaserad utforskning av effekten av bonus-malus-politiken på VKT (fordonskilometer).

2.1 Bakgrund

Vi inleder med en kort diskussion angående bakgrunden till metodvalet, inklusive alternativa angreppssätt för utvärdering av bonus-malus-politiken. Poängen med att skapa en strukturell jämviktsmodell är att skapa ett teoretiskt konsekvent ramverk inom vilket våra data kan tala. Uppgifterna inkluderar priser och kvantiteter som sålts av heterogena bilar till heterogena hushåll, under en rad år både före och efter införandet av bonus-malus-policyn. Med hjälp av modellen kan vi på ett konsekvent sätt beräkna hur företag och hushåll reagerar på förändringar i marknadsförhållanden, inklusive införandet av policyn. Det innebär att vi även kan beräkna hur företag och hushåll skulle ha reagerat ifall policyn hade varit annorlunda – så kallade kontrafaktiska scenarier – till exempel med högre malus, inkomstberoende bonus och malus, osv.

Policyrelevansen av den typen av modell vi använder diskuteras i US EPA (2016), en teknisk rapport angående USA:s motsvarighet till bonus-malus-politiken.⁷ Det framgår att det vid det laget saknades tydlig bevis för sådana modellers förmåga att förutse framtiden (vad gäller marknadsandelar av olika bilmodeller) på ett tillförlitligt sätt. Detta är dock inte förvånande eftersom modellerna inte är gjorda för det ändamålet, utan snarare för att undersöka kontrafaktiska scenarier. EPA-rapporten lyfter inte fram några alternativa metoder mer än att helt enkelt anta att marknadsandelar förblir konstanta – knappast ett tillfredställande sätt att utvärdera politiken.

Man skulle också kunna tänka sig smalare modeller där man jämför till exempel utvecklingen på efterfrågesidan i Sverige med andra länder utan liknande politik (känd som DiD – alternativt syntetisk kontroll-studier). Problemet i sådana fall blir svårigheten att kontrollera för alla relevanta skillnader mellan länderna, framför allt vad gäller konsumenternas preferenser. Dessutom blir det omöjligt att analysera politikens övergripande effekter på samhällsekonomin (inklusive välfärdseffekter)

⁷ Se särskilt avsnitt 6.2, Consumer Vehicle Choice Modeling and Recent Research.

eftersom sådana analyser kräver att både utbuds- och efterfrågesidan tas med. Och när det gäller att förutse framtiden dras sådana modeller med ännu större problem än jämviktsmodellerna eftersom de inte alls kan ta hänsyn till hur marknaden kan tänkas anpassa sig till förändringar i ett bredare perspektiv.

Vår slutsats är att modeller såsom den vi använder är det mest relevanta valet för utvärdering av bonus–malus och liknande policyer. En annan viktig slutsats gäller bedömning av modellens tillförlitlighet, och mer specifikt tester för statistisk signifikans. Sådana tester ger svar på frågor av följande karaktär: givet ett antagande om att modellen är en exakt beskrivning av verkligheten, vad är sannolikheten att man skulle få de resultat som observeras givet att parameter x är i verkligheten lika med noll? Om denna sannolikhet är tillräckligt låg kan vi då säga att parametern är signifikant skild från noll. Mycket förenklat kan vi därmed säga att signifikanstester kontrollerar ifall parameterestimatens rårakar bara vara skilda från noll p.g.a. slumpmässig variation och otillräckligt många observationer, eller å andra sidan om vi kan vara säkra på att estimatens speglar det vi skulle se om vi hade ännu fler observationer. Problemet vi står inför är dock inte brist på observationer utan förenklingar i modellen i förhållande till verkligheten. Det innebär att det inte är motiverat att undersöka statistisk signifikans eller konfidensintervall, utan fokus bör snarare läggas på att kontrollera modellens robusthet.

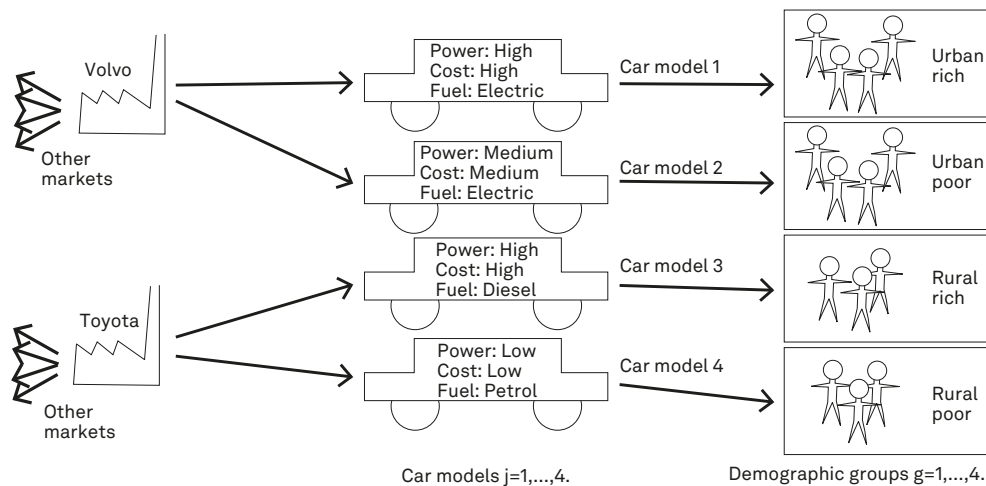
2.2 Jämviktsmodellen för nya bilar

I detta avsnitt ger vi först en översikt över vår modell på den svenska marknaden för nya bilar, och beskriver sedan hela modellen. Därefter beskriver vi i detalj de data vi använder för att parametrisera modellen, och förklarar hur vi estimerar modellparametrarna. Slutligen förklarar vi hur vi använder den parametriserade modellen för att genomföra policyexperiment (undersöka kontrafaktiska scenarier).

2.2.1 Översikt över modellen

Vi börjar med att beskriva en enkel ”leksaker-ekonomi” och en leksaksmodell av denna, illustrerad i Figur 1. Leksaksmodellen innehåller alla nyckelelement i den fullständiga modellen men är förenklad genom att det finns färre hushållstyper och färre bilmodeller som varierar i färre dimensioner.

Figur 1. Figur 1 visar i grund och botten en mycket enkel och transparent modell, anpassad för Sverige, för hur konsumenter och tillverkare interagerar på marknaden för nya bilar. Dess enkelhet gör att den kan hantera data om alla svenska hushåll och deras beslut kring bilköp, visserligen något aggregerad men ändå med relevanta detaljer i behåll, både när det gäller hushållens och (särskilt) fordonens egenskaper. Den är anpassad för Sverige i den meningen att utbudet av bilmodeller antas vara fast, vilket är rimligt för en marknad som är så liten i globala termer.



Figur 1. Konceptuell skiss av jämviktsmodellen för nya bilar under ett år.

I hjärtat av modellen – både leksaksmodellen och den fullständiga versionen – finns ett externt bestämt utbud av nya bilar till försäljning.⁸ Som vi kan se i figuren finns det fyra bilmodeller i leksaksekonomin, som varierar längs fyra dimensioner: effekt, pris, bränsle och märke. Det finns tre effekttyper, tre pristyper, tre bränsletyper och två märken. Till höger i Figur 1 ser vi hushållen i ekonomin. Varje stickfigur representerar 100 000 hushåll, så vi har totalt 1,4 miljoner hushåll, varav majoriteten är stadsbor. Både stads- och landsbygdsboende är indelade i två grupper av lika storlek beroende på inkomst, den rikare halvan och den fattigare halvan. Vi har därmed totalt fyra demografiska grupper i leksaksmodellen, vars egenskaper varierar i två dimensioner (stad/landsbygd och genomsnittlig inkomst).

Varje pil i Figur 1 representerar 100 000 bilar. För varje grupp observerar vi – från vår leksaksdata – ett nybilsköp per fyra hushåll under det år vi har observationer: en fjärdedel av de ”rika stadsboende” hushållen köper en bil av typ 1, en fjärdedel av de ”fattiga stadsboende” hushållen köper en bil av typ 2, och så vidare.

Vad Figur 1 inte visar är att vi har 5 års data. Varje år behandlas separat, med nya demografiska grupper (även om de är i samma kategorier, med endast antalet hushåll i varje grupp varierande) och nya bilmodeller. Och varje år fattar hushållen beslut om bilköp för att maximera sin nytta, medan tillverkarna fattar prissättningsbeslut (kom ihåg att utbudet av bilmodeller är externt bestämt) för att maximera sina vinster.

Efterfrågan. Hushållens efterfrågan på bilar med olika attribut beror på hushållens nyttofunktion, som i sin tur beror på hushållens egenskaper (eller, i modellen, de genomsnittliga egenskaperna för ett hushåll i en given demografisk grupp g). Vi sätter upp nyttofunktionen på ett sådant sätt att den ger en mycket enkel efterfrågefunktion. Här fokuserar vi på den senare funktionen. För mer information om hur denna funktion härleds från den underliggande nyttofunktionen, se Appendix A1.

För att förklara hur hushållsnyttan bestäms börjar vi med lite notation. I leksaksmodellen i Figur 1 kan varje hushåll i den demografiska gruppen g göra ett av fem val under ett givet år: att köpa bilmodell $j = 1, 2, 3$ eller 4, eller alternativet att inte köpa

⁸ För att undvika förvirring mellan modeller (ekonomiska) och modeller (biltillverkare) betecknar vi varje typ av ny bil som en *bilmodell*.

en bil, $j = 0$. Andelen av varje alternativ j för grupp g (given av förhållandet mellan försäljningen av biltypen och antalet hushåll i den gruppen) under år t betecknas s_{gjt} . Slutligen noterar vi att valet att köpa bilmodell jt handlar – i modellen – om valet att betala priset p_{jt} för att köpa en bil med en specifik samling externt bestämda attribut som innehas av bilmodellen jt . I leksaksmodellen är dessa attribut effekt, kostnad, bränsle och märke.

Efterfrågefunktionen kan sedan definieras enligt följande:

$$\log(s_{gjt}) - \log(s_{g0t}) = f_{gjt}(p_{jt}) + \delta_{jt}, \quad (1)$$

där δ_{jt} är en modell-år fix effekt och funktionen $f_{gjt}(\cdot)$ beror på en uppsättning parametrar som bestämmer interaktionen mellan den demografiska gruppens egenskaper och både priset och andra attribut för modell j . Ett resultat av estimeringen (som beskrivs nedan) är parametriseringen av denna funktion, och därmed bestämningen av de genomsnittliga hushållens preferenser i varje grupp när det gäller modellattribut och pris.

Utbud. Varje tillverkare (eller märke) levererar en externt bestämd uppsättning bilmodeller under en given period t , som tidigare förklarats. Det innebär att varje uppsättning bilmodeller jt är fix, och varje tillverkares problem är att justera utbudet av var och en av sina bilmodeller för att maximera sin totala vinst, med hänsyn till de priser som konkurrerande tillverkare sätter. Vi antar Bertrand-konkurrens, alltså att tillverkarna sätter priser, och vi söker en Bertrand-Nash-jämvikt där varje tillverkare är nöjd med sitt prissättningsbeslut givet de priser som andra sätter. Detta är det vanligaste valet i litteraturen och är väl lämpat för vårt problem.

Det finns två skäl till att anta att utbudet av bilmodeller är externt bestämt: för det första, den lilla storleken på den svenska bilmärknaden i förhållande till den bredare EU-märknaden, och för det andra, den korta perioden för den politik vi analyserar; eftersom vi i slutändan är intresserade av korttidseffekterna av förändringar i bonus-malus-politiken, och denna politik sannolikt inte kommer att påverka utbudet av fordon, är det meningsfullt att behandla detta utbud som externt bestämt. Omvänt bör betydande tekniska förändringar såsom utveckling och introduktion av radikalt nya modeller, kanske baserade på ny teknik, drivas av långsiktiga europeiska eller globala marknadsförhållanden, inte svenska policyinitiativ.

Vi antar att den marginala kostnaden c_{jt} för varje modell jt (varje samling attribut) är fix, liksom bonus-malus-kvantiteten som vi betecknar λ_{jt} (där $\lambda > 0$ definieras som en avgift eller malus, $\lambda < 0$ som bonus). Så tillverkaren maximerar helt enkelt summan av nettovinst marginal $\times$ försäljning för var och en av sina modeller.

Storleken på vinstmarginalen är ett mått på den marknadsmakt som varje tillverkare (eller bilmodell) har. Om en bilmodell har unika egenskaper som värderas högt av hushållen kommer marknadsmakten (och vinstmarginalen) att vara stor för den modellen, medan om en bil har många liknande konkurrenter längs de dimensioner som värderas av hushållen kommer det att finnas lite marknadsmakt och liten vinstmarginal. Marknadsmakt är också relaterad till *pass-through*, dvs. i vilken utsträckning förändringar i bonusbetalningar (eller malusavgifter) skickas vidare till hushållen: en *pass-through* på 60 procent på ett tusen-kronors bonusbelopp innebär att konsumenten betalar 600 SEK mindre, netto, för sin bil. *Pass-through* undersöks i policyexperimenten och diskuteras därför nedan.

Tillverkarna säljer bilar direkt till konsumenter eller använder återförsäljarnätverk. Om återförsäljare är inblandade antar vi att de tar ut tillverkarnas priser oavsett marknadsplats, alltså finns det ingen marknadsmakt i försörjningskedjan eller rumsliga prissättningsvariationer.

2.2.2 Den fullständiga modellen

Vi beskriver nu detaljer av den fullständiga modellen där de saknas i leksaksmodellen ovan. Detta inkluderar hur vi definierar demografiska grupper och bilmodeller, samt hur vi modellerar hushållens efterfrågan på dessa modeller. Ytterligare detaljer (inklusive ekvationer) gällande efterfråge- och utbudsmodellerna och jämviktsberäkning finns i bilagorna.

Demografiska grupper. Svenska hushåll är indelade i 15 demografiska grupper i den fullständiga modellen, snarare än de 4 grupper som beskrivs ovan. Rumsligt har vi tre kategorier som vi kallar storstad, stad och landsbygd, ungefär enligt klassificeringen av Sveriges Kommuner och Regioner. Dessa definitioner är en funktion av både befolkningsstorlek och pendlingsmönster.⁹ Inom varje rumslig kategori delar vi in hushållen i inkomstkvintiler.

Anledningen till att gruppera hushåll på detta sätt är både beräkningsmässig och modelleringsmässig enkelhet: vi har data på alla transaktioner på hushållsnivå, men att använda transaktionsdata på hushållsnivå och även modellera bilval på samma nivå vore beräkningsmässigt ohanterligt. Dessutom är välfärdsanalys ofta på grupp-nivå, vilket innebär att policyintresset är centrerat på denna nivå och vår direkta användning av grupper gör dessa analyser mer transparenta. Vår användning av femton demografiska grupper är en stor förbättring jämfört med användningen av ett enda hushåll vars egenskaper bygger på en aggregering av alla hushåll i Sverige, som är vanligt i litteraturen. Varje demografisk grupp har en associerad estimerad funktion $f_{gjt}(\cdot)$. Detta innebär att vi fångar heterogeniteten i efterfrågan på fordonsattribut över grupper (som stad/landsbygd och för olika inkomstnivåer), men vi antar att det inte finns någon heterogenitet inom gruppen.¹⁰

Bilmodeller. Vår efterfrågemodell kännetecknas av sin detaljnivå på fordonsmodellerna, som definieras på en hög detaljnivå och använder data för hela populationen av (nya) fordonsregistreringar under urvalsperioden (2015–2019). Denna detaljnivå gör det möjligt för oss att estimerar våra substitutions- och preferensparametrar på en mycket mer realistisk nivå än i tidigare forskning, för Sverige eller annorstädes. Den datamängd vi konstruerar inkluderar ytterligare fordonsegenskaper för var och en av dessa mycket detaljerade modellbeskrivningar, inklusive (till skillnad från andra studier) körcykelestimeringar av bränsleförbrukning och CO₂-utsläpp. Bilmodellernas egenskaper beskrivs i Tabell 1.

⁹ Se <https://skr.se/en/skr/tjanster/kommunerochregioner/faktakommunerochregioner/kommungruppsindelning.2051.html> för ytterligare detaljer.

¹⁰ Modellstrukturen relaxerar därmed det så kallade i.i.a.-antagandet (antagandet om oberoende av irrelevanta alternativ) över demografiska grupper. Som en konsekvens är de aggregerade substitutionsmönstren mer rimliga än vad som blir fallet i en logit-efterfrågemodell.

Tabell 1. Bilmodellattribut.

Egenskap	Anteckningar
Märke	Volvo, Volkswagen, Hyundai/Kia, Audi, BMW, Tesla, Toyota, etc.
Modellnamn	T.ex. Volvo XC60
Drivlina	Bensin, Diesel, hybrid (HEV), pluginhybrid (PHEV) och batteri (BEV)
Karossform	Sedan, Kombi, SUV, MPV och halvkombi
Prestanda	$\log(\text{effekt/vikt})$
Storlek	Längd $\times$ bredd
Bränslekostnad	Beräknad genom bränslepriser och tillverkarnas rapporterade förbrukning

Vi erhåller 2784 olika fordon under de fem registreringsåren (2015–2019) som omfattas av vår data. För att illustrera detaljnivån, betrakta två populära modeller, Volvo XC60 SUV och BMW 3-serien (sedan/kombi), som finns i en kombination av bränslen (bensin, diesel och PHEV) och karossformer (sedan/kombi för 3-serien). Denna nivå av uppdelning motsvarar väl det val som en konsument står inför i vår kontext – eftersom bränsleval och koldioxidutsläpp båda är explicita mål för politik-mixen – och hjälper till att förbättra identifieringen av preferensparametrarna.

I praktiken står konsumenter inför ännu fler val än våra 2784 fordon. Till exempel ignorerar vi vissa variationer i hästkrafter inom bilmodeller och genomsnittliga egenskaper för alla versioner av fordonet under registreringsåret. Dessutom exkluderar vi fordon med mycket låga årliga försäljningssiffror, såsom coupéer och cabrioletter, fordon som använder etanol, gas, väte, m.fl. För att illustrera, för 2015 tar vi ett genomsnitt av alla egenskaperna för bensindrivna Volvo XC60, som vi använder för alla försäljningar av bensin-drivna XC60 detta år. Vi behandlar modeller med samma namn men med olika modellår som helt olika fordon (t.ex. en Volvo XC60 bensin från 2015 och 2016 behandlas som helt olika fordon), eftersom det är svårt att avgöra när skillnader mellan olika modellår var tillräckligt stora för att utgöra en helt ny modell. Även om detta tillvägagångssätt överskattar antalet unika modeller, mildras detta av inkluderingen av attributspecifika preferenser för olika demografiska grupper¹² (termen $\beta_d^{(lk)}$ i ekv. (3), se Appendix A1) i vår efterfrågeestimering.

När det gäller märken noterar vi att den svenska marknaden (under vår urvals-period) domineras av Volvo, följt av Volkswagen, med Hyundai-Kia-gruppen och de tre tyska lyxmärkena med ungefär lika stora andel. Teslas andel, i slutet av 2019, var låg men ökade snabbt, med Toyota som det enda andra anmärkningsvärda märket när det gäller marknadsandel. Andra märken, inklusive de franska (Citroen och Renault) och mindre japanska (Honda, Mazda, Nissan och Subaru), hade tillsammans mindre än 10 % av marknaden.

När det gäller drivlina (bränsletyp), observera att hybridfordon (HEV) som den ursprungliga Toyota Prius är bensindrivna och därför förbränningsmotordrivna fordon (ICEV) tillsammans med de som kategoriseras som "Bensin" och "Diesel", medan laddhybridfordon (PHEV) och batterielektriska fordon (BEV) delvis eller helt drivs av el och representerar (i vår modell) icke-ICE-fordon.¹¹

¹¹ Detta är inte helt korrekt eftersom PHEV, särskilt de tidigare med mindre batterier, till stor del var ICE-fordon. Dock påverkar detta sätt att klassificera bilar inte vår analys (vi behandlar ICE och icke-ICE-bilar symmetriskt) fast det kan potentiellt spegla hur konsumenter uppfattar PHEV jämfört med renodlade ICE-fordon.

Slutligen, några korta kommentarer om beräkningen av prestanda, storlek och bränslekostnad. Vårt proxy för prestanda – logaritmen av hästkrafts-till-vikt-förhållandet – följer litteraturen, liksom vår användning av längd $\times$ bredd som ett mått på fordonsstorlek. Som ett mått på bränslekostnad beräknar vi kostnaden för att köra 100 km med hjälp av bränslepriser (eller elpriser) och fordonsförbrukning.

Efterfrågeestimering. Vi estimerar efterfrågemodellen med följande fordonsattribut: inköpspris, prestanda, storlek och bränslekostnad.¹² Vi fokuserar på estimeringen av efterfrågespecifikationen, vilket är den viktigaste aspekten som skiljer vår modell från andra. Efterfrågeestimering sker i två steg: i det första steget estimeras ekv. (1) med δ_{jt} representerad av år-modell fixa effekter. Observera att koefficienterna för fordonsegenskaperna här tolkas som skillnaden från basgruppen. I ett andra steg återfinns medelvärdena för egenskaperna $\bar{\alpha}$, $\bar{\beta}_k$ från

$$\delta_{jt} = \bar{\alpha}p_{jt}^f + \sum_k \bar{\beta}_k x_{jt}^k + \xi_{jt}, \quad (2)$$

med en instrumentvariabelmetod som används för att hantera endogeniteten mellan bilegenskaperna x_{jt}^k och det observerade ξ_{jt} , och med δ_{jt} ersatt med sitt anpassade värde från första stegsregressionen, $\widehat{\delta}_{jt}$. Endogenitet uppstår här av uppenbara skäl, med observerade och icke-observerade bilegenskaper som ofta är starkt korrelerade. Grupp-specificerade koefficienter för bilegenskaper för alla grupper utom basgruppen beräknas sedan som summan av de för basgruppen (från ekv. (2)) och de för respektive grupp (från ekv. (1)).

För att direkt erhålla parameterestimeringar för nyckelegenskaper (inköpspris, prestanda, storlek och bränslekostnad) som motsvarar olika inkomst- och regionala grupper, interagerar vi varje fordonsegenskap med demografiska gruppindikatorer. Som kostnadsskiftare använder vi hästkrafter, bränslekostnad, vikt, drivtyp och karossform (som inkluderar sport utility vehicle (SUV), kombi, sedan, multi-purpose vehicle (MPV) och halvkombi).

Fixa effekter. Vårt val av regional gruppering syftar till att ta hänsyn till många aspekter av den initiala spridningen av PHEV/BEV och mönster för dieseldominans. Majoriteten av försäljningen av BEV skedde i stadsområden, i lika stor utsträckning i stora som små områden (vilket framgår av Figur 3 (a) och (b)). Det är också här majoriteten av laddinfrastrukturen finns. Men det faktum att vår efterfrågemodell tillåter regionspecifika (och inkomsts-specifika) efterfrågeparametrar och elasticiteter innebär att denna effekt faktiskt beaktas. Med andra ord, det faktum att våra efterfrågeparametrar får skilja sig mellan olika regioner innebär att hushåll i dessa regioner får skilja sig i sina preferenser. Följaktligen finns det inget utrymme för att använda regionspecifika fixa effekter. De fixa effekter som används i vår modell, år och fordonstillverkare, tar hänsyn till hur dessa effekter (över region och inkomst) varierar över åren i vårt urval. I den mån många av dessa mönster förändrades under vår studieperiod (och bevis från Figur 3 (a) och (b) tyder på att de inte gjorde det), så absorberas detta av årsfixeffekten.

¹² Vi använder inte fordons koldioxidutsläpp som ett attribut eftersom denna siffra är starkt korrelerad med bränsletyp, prestanda och till viss del vikt, som alla redan är explicit inkluderade.

2.2.3 Data

Så vitt vi vet är vi de första som undersöker ett brett bonus–malus-system genom att använda befolkningsbaserade data om fordonsregistrering och hushållsegenskaper, eftersom tidigare studier antingen har använt administrativa data (för bonus–malus) eller mindre urval av delpopulationer.

Vi kombinerar två datakällor från Statistiska centralbyråns databaser:

(i) fordonsregistreringsdata för alla nya fordon och deras ägare; och (ii) data om hushållsegenskaper för den svenska befolkningen. Fordonsregistreringsdatabasen innehåller följande nyckelkomponenter: datum för första registrering, fordonets fysiska egenskaper (dimensioner, vikt, körcykelförbrukning och utsläppsprofil) och en unik fordonsidentifierare, samt data relaterade till fordonsägaren (inklusive en unik identifierare för en individuell ägare). Detta dataset gör det möjligt att länka varje nyregistrerat fordon till en ägare. Ägarens unika ID kan sedan länkas till den svenska totalbefolkningsregistret (för grundläggande statistik som ålder och hushållssammansättning) och den svenska longitudinella integrationsdatabasen för sjukförsäkrings- och arbetsmarknadsstudier (LISA). Därmed kan vi identifiera hushållsegenskaper som sammansättning, inkomst, arbetsrelaterade detaljer och (ett grovt mått på) plats för alla bilägare. Faktum är att dessa data är tillgängliga på hela befolkningens nivå, vilket innebär att dessa egenskaper också är tillgängliga för den del av befolkningen som valde att inte köpa en ny bil.

Bränsleförbrukningsdata hämtas från fordonsregistret. För en stor del av vår urvalsperiod hämtades bränsleeffektivitetsdata från NEDC-cykeln, medan endast för det sista året användes WLTP-cykeldata. Bränsleeffektivitetsdata för PHEV är – som välkänt – problematiska och ger orealistiska siffror för körkostnader. Vi justerar dessa siffror med hjälp av resultat från Plötz et al. (2022), som föreslår att bränsleförbrukningen är nästan tre gånger högre än rapporterat. Eftersom siffror specifika för Sverige är lägre än genomsnittet antas vår justerade bränsleförbrukning för Sverige vara dubbelt så hög som den som rapporterats i registreringsdatabasen. För att beräkna körkostnaden för PHEV antar vi att hälften av körsträckan (VKT) drivs av batteri och den andra hälften av bensin.

Vi observerar inte transaktionspriser och använder därför listpriser och tillämpar bonus- eller malusbelopp baserat på fordonets bränsletyp och CO₂-utsläppsnivå. Data för bränsle- och elpriser konstrueras på nationell nivå respektive för de svenska elprisregionerna (SE1–SE4).

2.2.4 Utvärdering av bonus–malus-politiken

Vi vänder oss nu till utvärderingen av effekterna av bonus–malus-politiken.

I enlighet med tidigare litteratur antar vi att effekten av bonus–malus-politiken är skillnaden i utfall med och utan politiken. Scenariot ”utan politik” är ett kontrafaktiskt scenario (som vi kallar ”baslinjepolitiken” härnäst) där vi, i enlighet med litteraturen, helt enkelt antar att den tidigare supermiljöbilspremien (som var en rabatt för fordon som ansågs miljövänliga – huvudsakligen begränsad till BEV och PHEV) skulle ha varit kvar. Båda scenarierna simuleras med de estimerade efterfråge- och utbudsparmetrarna från hela urvalet över hela tidsperioden. Därmed kan den kausala effekten av politiken härledas genom att jämföra marknadsandelar, genomsnittliga CO₂-utsläpp och producentöverskott för bilar som sålts under politiken med kontrafaktiska utfall under baslinjepolitiken.

Vår metodik, i likhet med studier som estimerar en strukturell jämviktsmodell (Abe (2022); Durrmeyer (2022); Konishi and Zhao (2017)) för bonus–malus-system, gör det möjligt för oss att beräkna jämviktspriset med och utan politik. Denna identifieringsstrategi för effekten av bonus–malus-politiken bygger på antagandet att, på efterfrågesidan, ett bonus–malus-system ändrar de relativa priserna för (annars liknande) bilar som är berättigade till en rabatt jämfört med de som omfattas av en avgift, medan på utbudssidan leder systemet till en om-optimering av varje tillverkares portfölj mot bilar med rabatt. Med andra ord verkar politiken direkt genom priset på nya bilar och användningskostnaden för nya bilar, vilka är observerbara storheter. Detta tillvägagångssätt innebär antagandet av stabila preferenser på efterfrågesidan samt ingen betydande policyrelaterad in- eller utträde från marknaden för nya bilar på utbudssidan.

2.3 Bonus–malus-politikens effekt på VKT

Vi vänder oss nu till vår sekundära metod, en databaserad utforskning av effekten av bonus–malus-politiken på VKT (fordonskilometer), med förslag på ett ramverk som förenar fordonsval och VKT.

Som diskuterats i avsnitt 1.2 är det viktigt att länka fordonsköpbeslut, som är fokus för politiken i Sverige, till fordonskörning, den faktiska orsaken till koldioxidutsläpp. Ett omfattande sätt att göra detta skulle vara att titta på alla bilar som ägs av hushåll i Sverige som har ändrat sin bilportfölj under ett givet år, vilket innebär att vi också inkluderar transaktioner med begagnade bilar och analyserar effekten av politiken på både bilköp (inklusive begagnade bilar) och bilanvändning (VKT). På så sätt kan en estimering av den totala effekten av bonus–malus-politiken på total VKT, och bidraget från ICEV till total VKT, beräknas explicit. Skillnaden i total VKT för scenarier med och utan politik är i grunden effekten av politiken på koldioxidutsläpp. I vilket fall som helst kommer den viktigaste skillnaden att vara hur två distinkta typer av bilägande hushåll behandlas: (i) hushåll med två (eller fler) bilar; och (ii) hela bilpopulationen jämfört med den population som direkt påverkades, dvs. köpare av nya bilar.

När det gäller punkt (i), när man explicit länkar körsträcka och fordonsval, är det också viktigt att ta hänsyn till så kallade ”portföljeffekter”, där effekterna av en specifik bilportfölj på nyttan beror på dess sammansättning. Hushåll med flera bilar utgör en betydande del av bilägande hushåll i Sverige. Om dessa hushåll ser ICE och icke-ICE (PHEV/BEV) bilar som imperfekta substitut (eller till och med komplement), så bestäms en bilportfölj och total körsträcka (och dess fördelning över de ingående bilarna) gemensamt. Detta innebär, särskilt, att det är viktigt att förstå hur sådana hushålls körningsmönster efter bränsletyp utvecklas.

En ekonometrisk modell som explicit länkar hushålls fordonsval – vad gäller både begagnade och nya bilar – och körsträcka för var och en av dess bilar kommer att hjälpa till att besvara frågan av intresse, vilket är vad effekten av bonus–malus-politiken är på koldioxidutsläpp. Som en inledning till att utveckla en sådan modell är det dock viktigt att först förstå hur data för VKT ser ut idag, och vad som kan läras från att utforska datan i detalj. Faktum är att en systematisk utforskning av datan, inklusive genom att specifikt jämföra (lämpliga dimensioner av) VKT för perioder före och efter politiken, kan ge insikter som hjälper till att utveckla ett ordentligt ekonometriskt ramverk.

I avsaknad av en explicit jämförelse av VKT över olika dimensioner före och efter politiken (på grund av databegränsningar), tar vi ett annat tillvägagångssätt och frågar hur bilarna som bytt ägare efter bonus-malus, när det gäller deras mätarställning, jämförs med de som bytt ägare före bonus-malus. Om transaktioner av bilar med lägre mätarställning är vanligare efter bonus-malus, är det troligt att säljande hushåll utnyttjar en ökning av priserna på begagnade bilar och säljer nyare begagnade bilar (med lägre mätarställning) för att finansiera uppgraderingar till ännu nyare fordon. Med tanke på att nyare bilar i genomsnitt körs längre, är det troligt att detta mönster driver på en ökning i den totala körsträckan efter bonus-malus.

Vi använder data från bilprovningen (fordonsinspektioner) som krävs för alla bilar registrerade i Sverige.¹³ Data från successiva fordonsinspektioner gör det möjligt för oss att kombinera den med LISA-data och tilldela en ägare (och ett ägande hushåll), samt en mätning av fordonskilometer (VKT), för alla fordon som har genomgått inspektion minst en gång. Inspektionsschemat innebär dock att data om VKT inte är tillgänglig för bilar som först registrerades (dvs. köptes) efter hösten 2016, dvs. för alla *nya* bilar som köptes efter bonus-malus. Med tanke på den snabba minskningen av VKT för fordon äldre än 12 år, exkluderar vi alla fordon, för varje år från 2015, som var äldre än 15 år från vår analys. Detta innebär att vår analys avser bilar som registrerades mellan 2001 och slutet av 2016.

¹³ Varje fordon registrerat i Sverige måste genomgå en inspektion enligt följande schema: första inspektion senast 36 månader efter första registrering; andra inspektion senast 24 månader efter den första; och efter 5 år från första registreringsdatum, en inspektion var 14:e månad.

3. Resultat

I detta avsnitt fokuserar vi först på marknaden för nya bilar och presenterar en deskriptiv dataanalys samt efterfrågeelasticiteter estimerade från vår jämviktsmodell, för att sedan diskutera resultaten av kontrafaktiska simuleringar för en rad olika bonus-malus-policyvarianter. Slutligen vänder vi oss till vår deskriptiva analys av effekterna av bonus-malus-politiken på VKT (fordonskilometer).

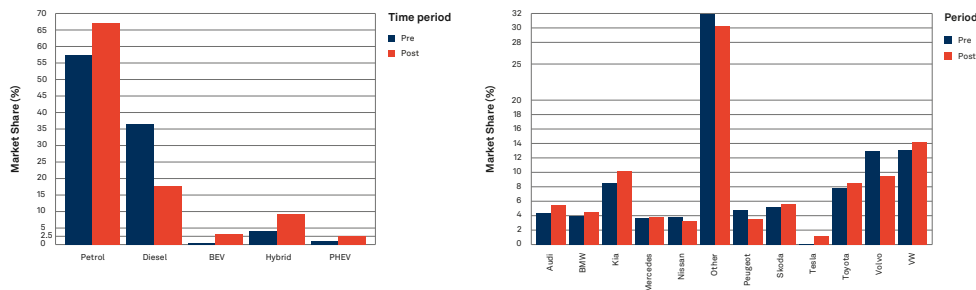
3.1 Deskriptiv analys av marknaden för nya bilar

Här genomför vi en deskriptiv analys av vår data för att först få en uppfattning om marknaden för nya bilar före och efter bonus-malus-politiken, och sedan få en översikt över den svenska bilflottan.

3.1.1 Bonus-malus och marknaden för nya bilar

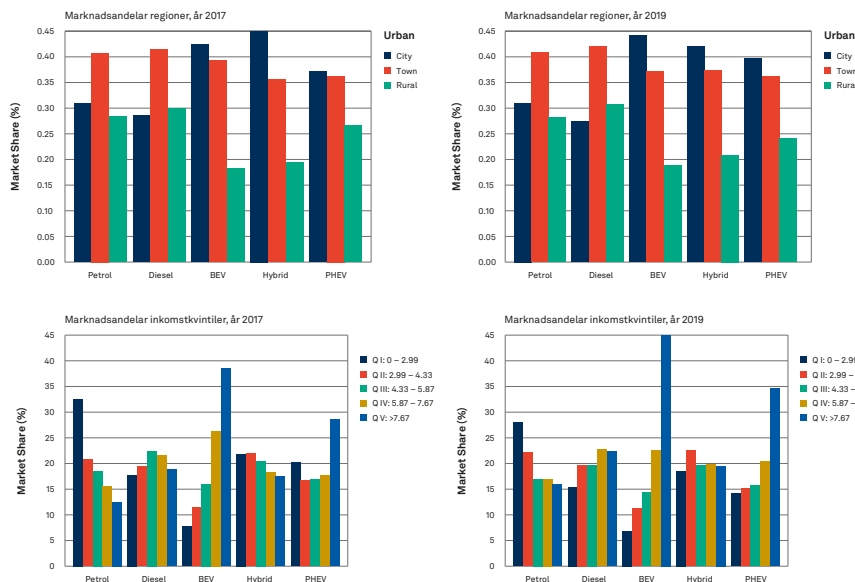
Syftet med detta avsnitt är att få en grov uppfattning om förändringar på marknaden för nya bilar efter införandet av bonus-malus-policyn. Vi presenterar därför diagram som jämför variabler före och efter politiken, där ”före policyn” motsvarar genomsnittet för åren 2015–2017, medan ”efter policyn” motsvarar 2019. Vi exkluderar år 2018, eftersom hälften av året var före och den andra hälften efter policyns införande.

Vi börjar med marknadsandelar, vars förändring faktiskt var målet med policyn (Figur 2a). När vi jämför de två tidsperioderna observerar vi en ökning av marknadsandelen för alla tekniker utom diesel bland nyligen registrerade fordon. Mellan perioderna före och efter sjönk dieseln marknadsandel från cirka 36 % till 17 %. Samtidigt ökade bensinandelarna från 58 % till 67 %, BEV-andelen från < 1 % till 3 %, medan PHEV-andelen ökade från cirka 1 % till 2,5 % (och därmed passerades av BEV). En mer detaljerad bild av tillverkarnas marknadsandelar (Figur 2b) visar att nästan alla viktiga tillverkare ökade sina marknadsandelar, förutom Peugeot (5 % till 3,75 %), Volvo (13 % till 9 %) och Nissan (4 % till 3 %). Dessutom sjönk den aggregerade marknadsandelen för alla mindre tillverkare (”andra”) från 32 % till 30,5 %. För enskilda tillverkare sjönk Volvo från den största marknadsandelen under perioden 2015–2017 till den tredje största marknadsandelen efter VW (13 % till 14,5 %) och Kia (8,5 % till 10 %).



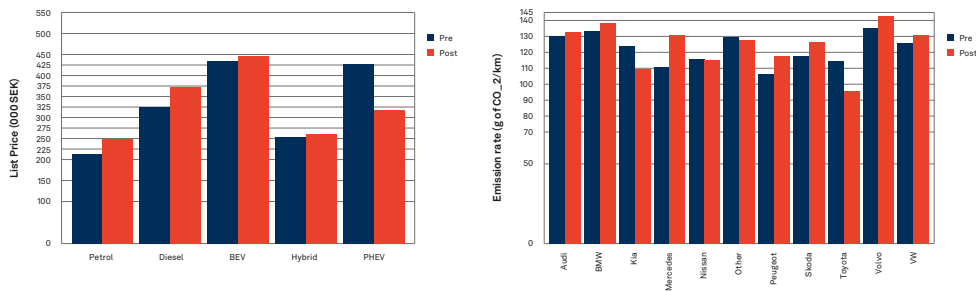
Figur 2a, b. Jämförelse av marknadsandelar före och efter politiken.

Den regionala fördelningen av bilregistreringar efter bränsletyp och drivlina förändrades endast marginellt efter politiken (Figur 3a,b), där majoriteten av både elbilar och laddhybrider registrerades i storstäder följt av större städer. En liknande effekt kan observeras över inkomstfördelningen (representerad av inkomstkvintiler I till V), där BEV före politiken (2017, Figur 3c) köptes av hushåll med hög inkomst (Q5), med en marknadsandel som ökade stadigt över inkomstgrupperna. Efter politiken (Figur 3d) ökade andelen elbilar som köptes av Q5 något. Genomsnittligt sett var cirka 38 % av alla elbilsregistreringar 2017 i hushåll i Q5, vilket ökade till 45 % 2019. För jämförelse minskade andelen elbilar som köptes av hushåll i Q4 från 26 % före politiken till 23 % efter. För PHEV observerar vi ett liknande mönster, med köp främst i hushåll i Q5 (28 % till 34 % ökning mellan perioderna före och efter). Intressant nog var dock den näst största gruppen köpare före politiken de i Q1 (21 %). Efter politiken ökade köpen över alla inkomstkvintiler, med liknande andelar för de tre lägsta (2019: 14 %, 15 % och 16 %).

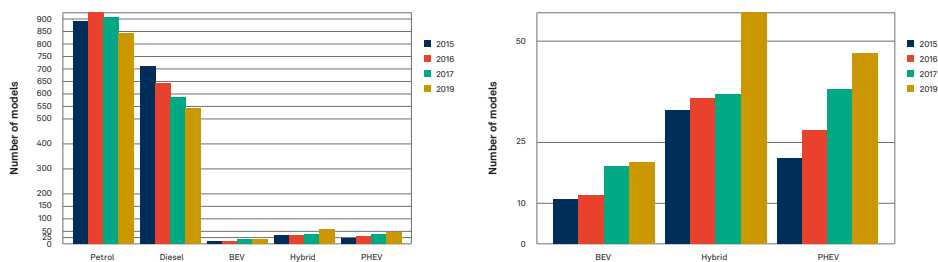


Figur 3a-d. Jämförelse av marknadsandelar för regioner och inkomstkvintiler. Figurerna visar marknadsandelar för respektive drivlina/bränslen över regioner och inkomstkvintiler. Andelen för en drivlina över vissa kategorier (t.ex. bensin över regioner) kan summera till något mindre än 1 eftersom försäljning av "andra" bränslekategorier (främst etanol) exkluderas.

Några av dessa förändringar verkar drivas av en minskning av listpriset för både BEV och PHEV (Figur 4a). Medan priserna för genomsnittliga bensin- och dieslbilar ökade stadigt, ledde prisfallet för PHEV efter 2017 till att deras genomsnittliga pris sjönk under det för en genomsnittlig ny dieslbil. Det genomsnittliga priset per tillverkare (Figur 4b) minskade för vissa tillverkare (Kia, Nissan och Toyota), medan det ökade för alla andra enskilda tillverkare (men minskade för vår "andra" kategori). Några av dessa förändringar återspeglas i antalet modeller tillgängliga för försäljning efter bränsletyp/drivlina, med en markant minskning av dieselmodeller (Figur 5a) och en betydande (i procentuella termer) ökning av både BEV- och PHEV-drivlinor (Figur 5b).



Figur 4a, b. Listpris och utsläppsnivå före och efter politiken. Figur 4a visar genomsnittligt listpris efter drivlina och Figur 4b visar genomsnittlig utsläppsnivå efter tillverkare.



Figur 5a, b. Antal registrerade modeller per år efter drivlina, 2015–2019. Figur 5a visar antal registrerade modeller efter drivlina och Figur 5b visar antal registrerade BEV/PHEV-modeller.

Sammanfattningsvis indikerar fordonsregistreringsdata att den regionala fördelningen av PHEV- och BEV-andelar förblev liknande före och efter politiken, medan PHEV-andelarna ökade något i Q4, medan den totala marknadsandelen för PHEV och BEV ökade men till en relativt låg nivå, mindre än 5 % individuellt och mindre än 10 % sammantaget. Det kan också ses att det skedde en prissänkning för PHEV/BEV efter politiken, samt en ökning av antalet modeller, med en betydande minskning av dieselmodeller tillsammans med en ökning av det genomsnittliga priset för en dieselbil. Vi noterar att dessa siffror skiljer sig markant för 2023, där PHEV och BEV tillsammans står för cirka 59 % av marknadsandelen.¹⁴

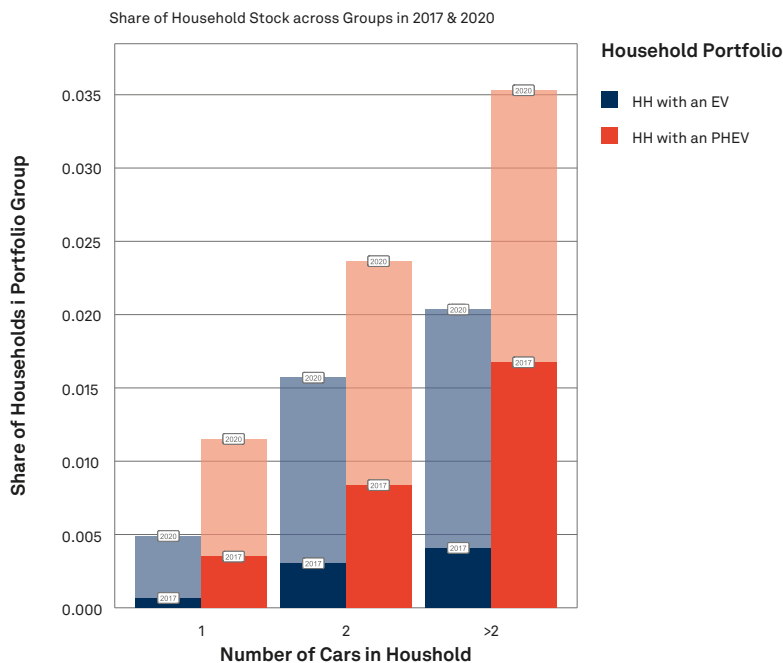
3.1.2 Vem äger en BEV eller PHEV?

Efter att ha utforskat marknaden för nya bilar ovan vänder vi oss nu till att förstå vilka typer av hushåll som äger en BEV/PHEV, och hur hushåll väljer en bilportfölj i kontexten av bilflottan, dvs. hela beståndet av bilar vid en given tidpunkt. Portföljsammansättning är en viktig aspekt att överväga eftersom varje fordon i ett hushåll med flera bilar kan ha olika roller, vilket innebär att även om nyare bilar ofta används mer intensivt, är det inte säkert att en ny bil har ersatt den mest använda gamla bilen i t.ex. ett hushåll med två bilar. Antag t.ex. ett hushåll där en äldre bil används mindre och en nyare bil används mer; detta hushåll kan ha bytt ut sitt mindre använda fordon mot en PHEV. I den mån denna aspekt är viktig kan den antagna minskningen av utsläpp vara betydligt mindre än vad en naiv beräkningen – baserat

¹⁴ Källa ICCT, <https://theicct.org/publication/co2-emissions-new-pv-europe-car-manufacturers-performance-2023-sept24/>

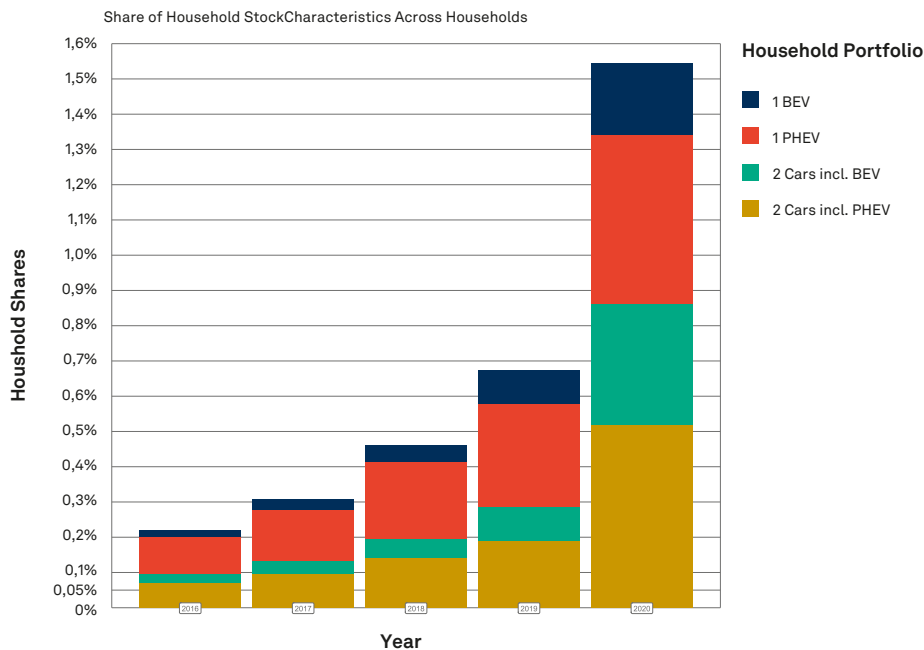
på genomsnittlig VKT multiplicerat med utsläppsintensiteter för respektive bränsle/drivlina – visar.

Vi utforskar denna skillnad i ägandemönster över hushåll ytterligare, mer specifikt när det gäller att förstå vilken typ av hushåll som mest sannolikt har köpt en BEV/PHEV. Först frågar vi oss om hushåll som köpte en BEV/PHEV var mer benägna att ha mer än en bil, och om detta mönster förändrades över tid. Figur 6 visar andelen BEV/PHEV-ägande efter portföljstorlek för 2017 och 2020. För enkelhetens skull sammanfattar vi alla hushåll med fler än två bilar (vilket är mindre än 5 % av alla bilägande hushåll) i en kategori ”> 2”. För 2017 är det tydligt att mycket få hushåll (< 0,5 %) med en bil ägde en BEV eller PHEV, medan andelen är mycket högre (men fortfarande mycket låg i absoluta tal) för hushåll med 2 eller fler bilar. Även om dessa andelar ökar betydligt (relativt sett), är det tydligt att även 2020 är andelen hushåll med en bil som äger en BEV eller PHEV betydligt lägre, trots att dessa hushåll är mer än dubbelt så många som de andra två kategorierna (se Figur 9).



Figur 6. Andel hushåll med BEV/PHEV-ägande efter hushållsportföljstorlek: 2017 och 2020.

En relaterad fråga är hur BEV/PHEV-ägande förändrades, i absoluta termer, över hushåll med en och flera bilar under urvalsperioden. Tidigare såg vi att ägande av BEV/PHEV var koncentrerat till hushåll med flera bilar. Vi utforskar nu dessa dynamiker över urvalsperioden i Figur. 7, som visar, för varje år, andelen BEV eller PHEV-ägande i två olika hushållskategorier, hushåll med en bil och hushåll med två bilar. Några egenskaper framgår av denna figur: hushåll med en bil som var en BEV eller PHEV ökade betydligt under de fem åren, från mindre än 0,01 %, 0,04 % till cirka 0,1 % respektive 0,3 %. Och andelen hushåll med två bilar, varav en var en BEV eller PHEV, ökade betydligt, från mindre än 0,04 % till mer än 0,7 %, en tjugofaldig ökning. Trots detta ägde en mycket liten andel av hushållen antingen en BEV eller PHEV vid slutet av 2020.



Figur 7. Andel hushåll över åren med fordon av BEV/PHEV i portföljen relativt befolkningen: 2016–2020.

3.2 Estimeringsresultat

Vi presenterar och diskuterar nu två aspekter av vår jämviktsestimering, en från efterfrågesidan och en från utbudssidan. Mer specifikt presenterar vi resultaten från efterfrågeestimeringen och bestämningsfaktorer för marginalkostnaden från utbudssidan. Resultaten sammanfattas i Tabell 2 och Tabell 3 och tyder på att vår estimering av efterfråge- och utbudssidan är rimlig, stämmer överens med intuitionen och inte är känslig för val av instrument för priset på ett fordon.

Våra estimat baseras helt och hållet på data, och inte på kalibrerade eller antagna parametrar. De viktigaste källorna till osäkerhet i våra modellberäkningar härrör till stor del från valet av instrument i vår IV-regression. Därför utvärderar vi effekten av valet av olika instrument på de råa beräkningarna av efterfrågan och bestämningsfaktorer för marginalkostnad. Vi undersöker alla tre typer av instrument som hittills använts i litteraturen för att genomföra en omfattande kontroll av känsligheten för instrumentvalet. Vi utvärderar också känsligheten hos våra elasticitetsberäkningar, som är avgörande för att utvärdera bonus-malus-politiken, när det gäller valet av instrument för pris. För att hålla det kortfattat presenterar vi endast elasticitetsberäkningar med det mest vanligt förekommande instrumentet, en variant av BLP-instrumenten.

Tabell 2. Estimeringar av basgruppens efterfrågeekvation.

Beroende variabel är $\widehat{\delta}_{je}$ (från ekv. (2))				
	Favorit	BLP-1	BLP-2	BJK
Pris	-0,7008*** (0,154)	-0,9009*** (0,318)	-0,7187** (0,303)	-0,6779*** (0,153)
Hästar/vikt	0,212 (0,5262)	0,693 (0,8687)	0,255 (0,8602)	-0,1188 (0,3092)
Körkostnad 100 KM	0,0127*** (0,002)	0,0127*** (0,002)	0,0127*** (0,002)	0,0088*** (0,002)
Storlek	-0,8358 (0,995)	0,560 (1,945)	-0,7112 (1,929)	-0,1933 (2,188)
Observationer	4 145	4 145	4 145	4 145
R2	0,386	0,319	0,381	0,613
F-test (enbart IV)	284,18	97,267	68,656	31,388
Wald (enbart IV), p-värde	$5,77 \times 10^{-6}$	0,005	0,018	$9,82 \times 10^{-6}$
Sargan, p-värde	$5,91 \times 10^{-57}$	$9,49 \times 10^{-28}$	$8,1 \times 10^{-41}$	0,019
Wu-Hausman, p-värde	$2,96 \times 10^{-26}$	$1,97 \times 10^{-11}$	$9,41 \times 10^{-7}$	0,000
Fixa effekter				
Tillverkare	✓	✓	✓	
Första registreringsår	✓	✓	✓	
Modellnamn				✓

Resultat från en IV-regression av $\widehat{\delta}_{je}$ på fordonsegenskaper och fixa effekter för basgruppen. Standardfel klustras på år-gruppnivå. Förstastegsregressionen (från ekv. (1)), som föregår regressionen i denna tabell, har N = 46 795, justerat R2 = 0,86 och 4 145 år-grupp fixa effekter. Kolumner märkta "Favorit", "BLP-1", "BLP-2" och "BJK" betecknar instrument som används för fordonspriset och definieras i fotnot 15. Pris är i enheter av 100 000 SEK, (logaritmen av) HP/vikt-förhållande är i enheter av kW/kg, körkostnad är i SEK och storlek är produkten av längd och bredd (skalad till 10 m²). Alla teststatistik/p-värden avser första steget i IV-regressionen.

Vi börjar med resultaten från estimeringen av efterfrågeekvationen. Som beskrivs i avsnitt 2.2.2 (se *Efterfrågeestimering*) sker efterfrågeestimering i två steg, där andelsekvationerna estimeras i steg 1 med en regression med fixa effekter (där δ implementeras som en fix effekt), och i det andra steget – ekv. (2) – regresseras de anpassade fixa effekterna på fordonsegenskaper för basgruppen (dvs hushåll i inkomstkvintil 1 som bor på landsbygden). Denna regression använder en mängd olika instrument, inklusive de vanligt förekommande BLP-instrumenten, lokalt kvadratiska instrument (vilket är vår föredragna specifikation) och BJK-instrument.¹⁵ Resultaten från denna regression kombineras med koefficienterna för fordonsegenskaper från steg 1-regressionen för att ge grupp-specifierade marginal-effekter för olika fordonsegenskaper. Vi presenterar därför resultat från denna regression med dessa tre uppsättningar instrument i Tabell 2.

¹⁵ Instrumenten skiljer sig främst i hur en given bils icke-prisegenskaper jämförs med alla fordonsegenskaper för samma tillverkare och alla andra konkurrerande tillverkare. Vår föredragna instrument använder lokala och kvadratiska skillnader mellan en given bils attribut och antalet fordon på hela marknaden som ligger inom en standardavvikelse från ett givet attributvärde. BLP-instrument använder summan av exogena egenskaper för samma tillverkare och för alla andra konkurrerande tillverkare, där det andra (segmenterat BLP eller BLP-2) begränsar jämförelser för samma tillverkare till marknadssegment som inte inkluderar det aktuella fordonet och jämförelser för konkurrerande tillverkare till alla fordon inom samma marknadssegment. Se bilaga A5 för mer detaljer om instrumenten.

Tabell 3. Bestämningsfaktorer för marginalkostnaden.

Beroende variabel är estimerad marginalkostnadsfunktion		
	Favorit	BLP
Hästar/vikt	2,113*** (0,3780)	1,926*** (0,3421)
Kostnad	-0,0186*** (0,0034)	-0,0169*** (0,0032)
Storlek	7,176*** (2,492)	7,445*** (2,685)
AWD	0,2914*** (0,0630)	0,2731*** (0,0581)
Karossform		
MPV	1,889*** (0,2501)	1,645*** (0,2691)
Sedan	-0,0050 (0,2242)	-0,0340 (0,2061)
SUV	0,941 (1,054)	0,8533 (0,9590)
Kombi	0,1243 (0,2285)	0,0889 (0,2054)
Observationer	4 145	4 145
R ²	0,75871	0,75663
Fixa effekter		
Modellnamn	✓	✓
Första registreringsår	✓	✓

Tabellen rapporterar resultat från en regression av den estimerade marginalkostnaden på nyckelbestämningsfaktorer. Oberoende variabler HP/Weight, Cost och Size definieras alla i Tabell 2. "AWD" är en indikator för "fyrhjulsdrift" medan Karossform hänvisar till indikatorvariabler för respektive karossform. Standardfel klustras på modellnamn och årsnivå. Kolumnerna "Favorit" och "BLP" rapporterar instrumenten för pris som används för jämviktsmodellestimeringen.

Med tanke på variabeln $\widehat{\delta}_{it}$ är det något svårt att tolka storleken på koefficienterna. Det är dock viktigt att notera två saker gällande dessa estimeringar: i vilken utsträckning de är konsekventa i tecken, storlek och signifikans över olika instrumentuppsättningar (jämför koefficienter för pris och kostnad); och det faktum att alla vanligt förekommande tester för instrumentvaliditet godkänns (F-test > 20, den vanligt accepterade tröskeln, och p-värden för alla andra tester är mindre än 0,01). Koefficienten för kostnad för basgruppen har fel tecken, vilket ibland ses i andra studier (Konishi and Zhao (2017)) och överförs till de grupp-specificerade koefficienterna för alla grupper (visas inte här). Sammanfattningsvis tyder dessa resultat på att vår efterfrågespecifikation fungerar tillfredsställande.

Tabell 3 presenterar variationen i den estimerade marginalkostnaden över nyckelfordonsegenskaper. Intuitionen tyder på att marginalkostnader ökar med ökad storlek, är högre för fyrhjulsdrivna fordon, ökar med effekt-till-vikt-förhållandet och vanligtvis ökar om bränsleeffektiviteten ökar (där det sistnämnda skattas genom en proxy, körkostnad). Regressionsestimeringarna i Tabell 3 bekräftar att intuitionen är helt korrekt. Dessutom ser vi att valet av instrument inte påverkar vare sig tecknet eller storleken på koefficienten på något signifikant sätt: de olika BLP-1-instrumenten ger nästan identiska estimeringar för alla fordonsegenskaper.

3.3 Estimeringar av efterfrågeelasticiteter

Vi vänder oss nu till resultaten från jämviktsmodellen och presenterar våra resultat i form av olika priselasticiteter (eftersom modellparametrarna inte är direkt relevanta för de kontrafaktiska scenarierna av intresse).

Efterfrågemodellramen som vi beskriver ovan ger en implicit priselasticitet (som är identisk över åren), som visas i Tabell 4 för de 15 demografiska grupperna, medan Tabell 6 ger liknande estimeringar med viktning baserad på listpris istället för marknadsandel. Vi börjar med den genomsnittliga elasticiteterna över inkomstkvintiler (sista kolumnen, "Genomsnitt"), där vi observerar ett mönster av i stort sett konstanta elasticiteter över inkomstkvintiler, med undantag för den sista kvintilen, vars elasticitet är betydligt lägre. Storleken på priselasticiteterna över kvintiler är relativt liten, med ett genomsnitt på 1,69. Detta mönster förändras inte när vi viktat grupper efter listpris (sista kolumnen i Tabell 6), men storleken på elasticiteterna är något högre (genomsnitt på 2,32). När vi vänder oss till regional variation är det enda relevanta mönstret att elasticitetsestimeringarna för kategorin "städer" är lägre (med en fjärdedel) jämfört med de andra två (vars estimeringar är nästan identiska). Detta mönster gäller även för de listprisviktade estimeringarna i Tabell 6.

Till skillnad från nästan alla andra studier (med undantag för Durrmeyer (2022)) har vi en mängd olika primära bränsle-/drivlinatyper, och det är intressant att utvärdera i vilken utsträckning priselasticiteterna skiljer sig åt. Som redan beskrivits i inledningen skiljer sig fordon med olika drivlinor/bränsletyper åt i pris och i deras relativa fördelning över de demografiska grupperna.

Elasticitetsestimeringarna efter bränsletyp/drivlina presenteras i Tabell 5, där två intressanta aspekter framgår: för det första är dieslbilar de mest elastiska (med 2,32), nästan en tredjedel mer elastiska än elbilar (som har den näst högsta elasticiteten, med 1,69), och för det andra är elasticiteterna för andra tekniker nästan identiska (och bara något lägre än för elbilar). Som redan beskrivits, till skillnad från elbilar (vars försäljning är koncentrerad till de övre kvintilerna), köps dieslbilar mer brett. Den relativt höga priselasticiteten för diesel stämmer överens med resultaten från VKT-data för Sverige, som tyder på att dieslbilar ofta köps av hushåll som förväntar sig att köra betydande sträckor och att andra tekniker, eller äldre dieslbilar, ofta är ett bra substitut för en helt ny dieselbil.

Tabell 4. Efterfrågeelasticitet efter demografisk grupp, viktad efter marknadsandel.

Inkomstkvintil	Region			Genomsnitt
	Städer	Småstäder	Landsbygd	
Q1	-1,41	-1,79	-1,78	-1,66
Q2	-1,64	-1,82	-1,91	-1,78
Q3	-1,76	-1,96	-1,98	-1,90
Q4	-1,60	-1,82	-1,79	-1,73
Q5	-1,24	-1,33	-1,29	-1,27
Genomsnitt	-1,51	-1,79	-1,81	-1,69

Priselasticitet för efterfrågan beräknad från efterfrågemodellparametrar. Elasticitetsestimeringar är genomsnitt över respektive grupp med marknadsandel av fordon som vikt. De regionala genomsnitten beräknas genom att vikta region-specifika kvintiler efter andel av kvintilen i regionen, medan kvintil-specifika elasticiteter beräknas genom att vikta över regioner med regionens andel av respektive kvintil.

Tabell 5. Efterfrågeelasticitet efter bränsletyp.

Bränsletyp	Priselasticiteter
Bensin	-1,56
Diesel	-2,32
Elhybrid	-1,53
Laddhybrid	-1,58
El	-1,69

Priselasticitet för efterfrågan beräknad från efterfrågemodellparametrar. Elasticitetsestimeringar är genomsnitt över drivlinetyp med marknadsandel av fordon över alla 15 demografiska grupper.

Nu undersöker vi hur valet av instrument för pris i efterfrågeuppskattningen påverkar våra elasticitetsberäkningar, och visar att våra uppskattningar av priselasticitet är robusta när det gäller valet av instrument för pris i efterfrågeuppskattningen. För att hålla det kortfattat jämför vi endast med den mest använda uppsättningen instrument i litteraturen, BLP (BLP-2), där de resulterande elasticiteterna presenteras i Tabell 7. Storleken och mönstret för dessa elasticiteter är i stora drag likartade med de som erhållits med våra föredragna instrument. Mer specifikt är de andelsviktade genomsnitten över inkomstkventiler (Panel A) mycket lika i storlek och mönster, där de börjar lägre, ökar och sedan sjunker i Q5 över alla regioner och i genomsnitt över regioner. Den enda skillnaden är en förändring i mönster över regioner, där elasticiteten i städer är högre med BLP-instrumentet än med de föredragna instrumenten (med det totala genomsnittet praktiskt taget identiskt). Ett praktiskt taget identiskt mönster ses med BLP-uppskattningarna av prisviktade elasticiteter (Panel B i Tabell 7) i jämförelse med de som erhållits när vår föredragna specifikation används (Tabell 6): genomsnittselasticiteter som ökar först och sedan sjunker till den lägsta, 1,8, för Q5 (och av mycket liknande storlekar som i Tabell 6). Städer har återigen en högre elasticitet, liknande det andelsviktade fallet i Panel A och motsatt fallet i Tabell 6.

Tabell 6. Efterfrågeelasticitet efter demografisk grupp: viktad efter listpris.

Inkomstkventil	Region			Genomsnitt
	Städer	Småstäder	Landsbygd	
Q1	-2,02	-2,54	-2,40	-2,33
Q2	-2,30	-2,41	-2,56	-2,41
Q3	-2,33	-2,65	-2,53	-2,51
Q4	-2,15	-2,47	-2,32	-2,32
Q5	-1,69	-1,86	-1,76	-1,75
Genomsnitt	-2,09	-2,47	-2,41	-2,32

Priselasticitet för efterfrågan beräknad från efterfrågemodellparametrar. Elasticitetsestimeringar är genomsnitt över drivlinetyp med listpris på fordon över alla 15 demografiska grupper.

Tabell 7. Efterfrågeelasticitet med BLP-instrument.

Inkomstkvintil	Region			Genomsnitt
	Städer	Småstäder	Landsbygd	
Panel A: Andelsviktade elasticiteter				
Q1	-1,818	-1,812	-1,45	-1,692
Q2	-1,858	-1,947	-1,676	-1,813
Q3	-1,997	-2,017	-1,796	-1,935
Q4	-1,863	-1,828	-1,643	-1,772
Q5	-1,381	-1,335	-1,287	-1,324
Genomsnitt	-1,825	-1,846	-1,545	-
Panel B: Prismsviktade elasticiteter				
Q1	-2,603	-2,468	-2,092	-2,383
Q2	-2,476	-2,625	-2,37	-2,493
Q3	-2,718	-2,595	-2,396	-2,567
Q4	-2,538	-2,39	-2,222	-2,382
Q5	-1,934	-1,835	-1,771	-1,846
Genomsnitt	-2,431	-2,357	-2,158	-

Panel A och B är motsvarigheten till elasticiteter i tabellerna 4 och 6 men beräknas med jämviktsmodellen och genom att använda BLP-1-instrument för pris, istället för våra föredragna instrument.

3.4 Effekter av bonus–malus-politiken

Vi utvärderar politiken genom att utföra policyexperiment med vår jämviktsmodell, det vill säga vi undersöker hur marknadsjämvikten förändras när alternativa (kontrafaktiska) policyåtgärder införs.

3.4.1 Effekten jämfört med business-as-usual

Vi börjar med att jämföra utfallet under bonus–malus-politiken med vad som skulle ha hänt – enligt vår modell – givet business-as-usual, som vi definierar som en fortsättning av supermiljöbilspremien.

Utsläpp och marknadsandel. Vi börjar med en diskussion om effekten av policy på de två utfall som explicit var målet för policy: marknadsandelar för olika bränslen/drivlinor och utsläppsnivåer förknippade med dessa (samt den aggregerade utsläppsintensiteten). Tabell 8 sammanfattar dessa resultat.

Tabell 8. Effekter av bonus–malus-politiken.

Bränsletyp	% förändring i	
	Försäljning	Utsläppsnivå (g av CO ₂ /km)
Bensin	-4,45	-6,37
Diesel	-5,26	-7,53
Elhybrid	-1,36	-1,40
Laddhybrid (PHEV)	7,68	2,61
El (BEV)	12,50	-
Genomsnitt	-3,43	-5,85

Resultat för simulerat bonus–malus-scenario för år 2019. Försäljning och utsläppsnivåer rapporteras som förändringar relativt baslinjescenariot (supermiljöbilspremien) för respektive bränsletyp. Marknadsandel och utsläppsnivå för respektive bränsletyp rapporteras som försäljningsviktat genomsnitt (med 2019-försäljningar).

Det är tydligt att försäljning av rena förbränningsmotorer (ICE) sjönk betydligt (relativt mot det kontrafaktiska scenariot med supermiljöbilspremien), mer specifikt med 4,4 % respektive 5,3 % för bensin och diesel. Försäljning av elhybrider sjönk också (fast relativt lite, med 1,4 %), vilket är något överraskande. En förklaring kan vara att dessa fordon (som de existerade då) hade utsläppsnivåer som var tillräckligt höga för att inte vara berättigade till bonus (men ofta på marginalen för malus). Följaktligen sjönk utsläppsnivåerna (genomsnittligt över respektive bränsletyp) betydligt, relativt scenariot med supermiljöbilspremien, med 6,4 %, 7,6 % respektive 1,4 %.

Inte oväntat, eftersom bonusbeloppen var högre för PHEV/BEV (marginellt respektive betydligt) i bonus-malus-systemet jämfört med supermiljöbilspremien, ökade försäljningen betydligt, med 7,7 % respektive 12,5 %. Eftersom PHE-fordon ger betydande utsläpp ökade utsläppsintensiteten från PHEV, om än måttlig (med 2,61 %). Sammanlagt sjönk den viktade (efter försäljning) genomsnittliga utsläppsintensiteten för nya bilar med betydande 5,85 % som en följd av bonus-malus-policyn.

Tillverkarnas vinster, pålägg och prispåverkan. Vi undersöker tillverkarnas jämviktsrespons på bonus-malus-policyn härnäst, med fokus på punkter som är relevanta för att förstå de breda implikationerna av policyn.

Vi börjar med tillverkarnas vinster efter bonus-malus, som redovisas efter aggregering till större tillverkar-grupperingar i Tabell 9. Alla grupperingar är lönsamma i baslinjepolicyn (supermiljöbilspremien), men varje grupp utom Tesla upplever en minskning av vinsten efter policyn, från 1,3 % för Toyota till 5 % för Volvo. Lyxtillverkare (de två tyska märkena och Volvo) förlorar något mer (genomsnittligt 4,5 %) än mer budgetorienterade tillverkare. Som förväntat upplever den renodlade BEV-tillverkaren Tesla en betydande vinstökning på 13,1 %. Den genomsnittliga tillverkarvinsten efter bonus-malus var 544 miljoner SEK och den genomsnittliga minskningen av vinsten efter policyn var 5,7 %.

Tabell 9. Tillverkarnas vinster och bonus-malus-policyn.

Tillverkare	Baselinevinst (M SEK)	% förändring BM-policy
<i>Audi</i>	1113,9	-4,33
<i>BMW</i>	863,4	-4,19
<i>Kia</i>	2180,2	-2,09
<i>Mercedes</i>	621,1	-4,35
<i>Peugeot</i>	726,7	-2,99
<i>Skoda</i>	1080,3	-3,26
<i>Tesla</i>	186,8	13,10
<i>Toyota</i>	1821,5	-1,28
<i>Volvo</i>	2109,7	-5,41
<i>Volkswagen</i>	3164,5	-4,53

Vi vänder oss nu till att förstå prispåverkan¹⁶ av avgiftspolicyn (relativt mot den tidigare policyn, supermiljöbilspremien). Vi finner att tillverkarna i genomsnitt har en prispåverkan på cirka 77,7 % för berörda fordon, med en högre prispåverkan

¹⁶ Prispåverkan definieras i vårt fall som skillnaden mellan det observerade tillverkarpriset (genomsnittligt listpris) för ett fordon och det (genomsnittliga) jämviktspriset utan bonus-malus-policyn 2019.

på 81 % för fordon som betalar malus och en betydligt lägre prispåverkan på 41,7 % för fordon som får bonus. I huvudsak tar tillverkarna en betydande del av bonusen som betalas till konsumenten samtidigt som de skickar vidare en betydande del av malus till konsumenten. Vi finner också betydande förändringar i priserna för bonus/malus-fordon. I själva verket upplevde även opåverkade fordon en betydande prisändring, med en genomsnittlig ökning på 4 067 SEK (cirka 390 euro), medan det genomsnittliga nya fordonet upplevde en ökning på 1 340 SEK.

3.4.2 Effekten av alternativa policyutformningar

Vi undersöker nu effekterna av alternativa policyutformningar på nyckeltal. Vår övergripande slutsats är att inkomstbaserade åtgärder, och den initiala bonus-malus-policy, ger mycket liten utsläppsminskning, medan policyåtgärder som kraftfullt straffar utsläpp, såsom den nuvarande stränga malus-policy, ger den största utsläppsminskningen. Med det sagt är de totala utsläppsminskningarna relativt små i förhållande till policyns storlek.

Policyscenarier. Vi analyserar varianter av tre scenarier: (1) en endast-malus-policy, utan återbäringar till hushållen (vilket var fallet från den 9 november 2022); (2) en förstärkt bonus-malus-struktur, där både avgifter och återbäringar förstärks; och (3) en inkomstbaserad bonus-malus där återbäringar endast gäller för låginkomsthushåll och avgifter endast betalas av höginkomsthushåll. Dessa scenarier representerar de två riktningarna som är mest intressanta i en bonus-malus-kontext, nämligen förändrad stringens och känslighet för inkomst, där den senare både har övervägts i hypotetiska scenarier (Linn (2022)) och implementerats i relaterade sammanhang (Muehlegger and Rapdon (2022)).

Med endast-malus-policy har vi två varianter: 1(i) där vi helt enkelt tar bort bonusen, vilket resulterar i en grundversion av "endast-malus"-policy, en policy som skulle ha gällt om baslinjepolicy, som var ett grönt bilstöd, hade ersatts med en malus (med samma stringens som från den 1 juli 2018); och 1(ii), den faktiska endast-malus-policy som gällt sedan den 9 november 2022 ("sträng endast-malus"), när bonusen avskaffades och malusen avsevärt förstärktes.¹⁷ När det gäller den förstärkta policy, 2, testar vi en förstärkt version av bonus-malus ("förstärkt bonus-malus") där både bonus och malus ökas med 50 % (för samma brytpunkter). Slutligen testar vi två varianter av en inkomstkänslig bonus-malus-policy: 3(i) där bonusen begränsas till hushåll i kvintil 1–3 ("inkomstkänslig bonus-malus"), och 3(ii) som liknar 3(i) men där bonusen förstärks enligt ovan ("förstärkt inkomst-känslig bonus-malus").¹⁸

¹⁷ Den specifika policy som gällde (efter den 1 juni 2022) var: malus på 107 SEK per gram CO₂ om fordonet släpper ut mer än 75 gram och upp till 125 gram CO₂ per kilometer, och 132 SEK per gram om fordonet släpper ut mer än 125 gram per kilometer. Jämfört med den initiala policy innebär detta en sänkning av brytpunkterna (från 95 till 75 och från 140 till 125) samt en ökning av enhetsavgifterna (där de tidigare avgifterna var 82 mellan 95 och 140 och 107 bortom 140).

¹⁸ För enkelhetens skull normaliserar vi inte dessa policyåtgärder relativt någon baslinje för koldioxidutsläppsminskning eller finansieringskostnad, vilket innebär att inget av dessa system har jämförbara budgetära implikationer eller utsläppsminskning. Anledningarna till detta (utöver den associerade enkelheten) är tvåfaldiga: för det första var endast-malus-policy som implementerades i verkligheten en intäktsgenererande policy (till skillnad från den ursprungliga bonus-malus-policy), vilket innebär att budgetneutralitet inte nödvändigtvis var en motiverande faktor. För det andra var många av de inkomstkänsliga policyerna (t.ex. i Kalifornien) inte uttryckligen budgetbalanserade, vilket innebär att finansieringskostnader inte har varit ett stort hinder för dessa typer av policyåtgärder på andra håll.

Endast-malus samt förstärkt bonus-malus. Vi finner att policyåtgärder som tar bort bonusen eller flyttar den till grupper som knappt köper PHEV/BEV resulterar i en minskning av försäljning för dessa drivlinor. Endast-malus-policyn ger till exempel en markant minskning för PHEV och BEV på 9 % respektive 21,8 % (Tabell 10). När det gäller utsläppsintensiteter, trots minskningen i BEV-försäljning, ger minskningen i PHEV-försäljning (som dominerar BEV-försäljning) en mycket marginell ökning i effekten på utsläpp jämfört med fallet med bonus (5,94 % mot 5,85 %, Tabell 11). Effekten av den stränga malus-policyn (den faktiska policyn som gäller för närvarande) är en starkare form av den grundläggande endast-malus-policyn: PHEV/BEV-andelar minskar ungefär som för den grundläggande endast-malus-policyn, medan bensinandelar minskar med dubbelt så mycket som för den grundläggande endast-malus-policyn, 4,4 % mot 9,6 %. I grund och botten ger denna policy den största minskningen i försäljningen av nya bilar (12 938 fordon) och följaktligen också den största minskningen i utsläppsintensiteter (12,54 %).

Den förstärkta bonus-malus-policyn ger förändringar som är förenliga med tidigare förväntningar: en 50 % större effekt på både bensin- och dieselförsäljning jämfört med den grundläggande bonus-malus-policyn och en dubbelt så stor effekt på försäljning av PHEV/BEV. Även här krymper den totala marknaden mer än för både den grundläggande bonus-malus-policyn och till och med den grundläggande endast-malus-policyn, på grund av det faktum att PHEV/BEV inte är ett bra substitut (även med ökad bonus) för ICEV. Minskningen av ICEV och ökningen av PHEV/BEV innebär att utsläppsintensiteter minskar med ungefär dubbelt så mycket som för den grundläggande bonus-malus- eller endast-malus-policyn.

Tabell 10. Försäljning: Kontrafaktiska bonus-malus-policyer.

Bränsletyp	% förändring i försäljning					
	B-M	1(i)	1(ii)	2	3(i)	3(ii)
Bensin	-4,45	-4,40	-9,58	-6,94	-4,42	-4,42
Diesel	-5,26	-5,20	-11,46	-8,20	-5,22	-5,23
HEV	-1,36	-1,31	-3,81	-1,60	-1,33	-1,33
PHEV	7,68	-9,74	-9,60	14,80	-0,62	4,46
BEV	12,50	-21,80	-21,64	32,70	-14,00	-10,20
Genomsnitt	-3,43	-4,95	-9,71	-4,79	-4,49	-4,24
Minskning i marknadsstorlek (antal fordon)						
	B-M	1(i)	1(ii)	2	3(i)	3(ii)
Genomsnitt	4 752	6 780	12 938	6 565	6 160	5 837

Alla beräkningar liknar de för Tabell 8. De policyåtgärder som övervägs är: B-M, bonus-malus, upprepad från Tabell 8; 1(i), endast malus (ingen bonus, malus identisk med grundpolicy); 1(ii) sträng malus (malusbelopp motsvarar den faktiska policyn från den 9 november 2022); 2, Förstärkt bonus-malus (både bonus och malusbelopp ökade med 50 %); 3(i) Inkomstkänslig bonus-malus (bonus begränsad till hushåll i Q1-Q3); 3(ii) Förstärkt inkomstkänslig bonus-malus. Alla siffror är försäljningsviktade genomsnitt (baserat på försäljning 2019). Observera att det totala genomsnittet är negativt eftersom den totala marknaden för nya bilar krymper under alla varianter av policyn (det totala antalet fordon som marknaden krymper med anges i raden "Minskning i marknadsstorlek").

Tabell 11. Utsläppsnivå: Kontrafaktiska bonus-malus-policyer.

Bränsletyp	% förändring i utsläppsnivå (g CO ₂ /km)					
	B-M	1(i)	1(ii)	2	3(i)	3(ii)
Bensin	6,37	-6,30	-13,27	-9,95	-6,32	-6,33
Diesel	-7,53	-7,46	-16,17	-11,78	-7,48	-7,49
HEV	-1,40	-1,36	-3,82	-1,72	-1,37	-1,38
PHEV	2,61	-3,24	-3,19	5,14	-0,23	1,45
BEV	-	-	-	-	-	-
Genomsnitt	-5,85	-5,94	-12,54	-9,07	-5,88	-7,85

Alla beräkningar liknar de i Tabell 10 men för utsläppsnivå. B-M, bonus-malus, upprepad från Tabell 8; 1(i), endast malus (ingen bonus, malus identisk med grundpolicy); 1(ii) sträng malus (malusbelopp motsvarar den faktiska policyn från den 9 november 2022); 2, Förstärkt bonus-malus (både bonus och malusbelopp ökade med 50 %); 3(i) Inkomstkänslig bonus-malus (bonus begränsad till hushåll i Q1-Q3); 3(ii) Förstärkt inkomstkänslig bonus-malus.

Sammanfattningsvis reagerar marknadsandelen för bensin- och dieslbilar starkt på malusbelopp, vilket indikeras av den kraftiga minskningen efter antingen en enhetlig ökning av malusbeloppet (en 50 % ökning i "förstärkt bonus-malus") eller en ökning av avgiften och sänkta brytpunkter ("Sträng malus").¹⁹ Den ökade generositeten hos bonusen säkerställer att den totala minskningen av storleken på marknaden för nya bilar är betydligt mindre, vilket också förklarar den lägre minskningen av utsläppsintensiteter (9,07 % mot 12,54 %) i detta scenario.

Inkomstbaserad bonus-malus. Effekten av inkomstkänsliga policyer, som begränsar bonusen till hushåll i Q1-Q3, är förvånansvärt lik den grundläggande endast-malus-policyn, med förändringar i ICEV- och BEV-försäljning som minskar nästan lika mycket, med den enda skillnaden att PHEV-försäljningen är nästan oförändrad jämfört med baslinjepolicyn. Förklaringen är att majoriteten av BEV-försäljningen sker till hushåll i Q3-Q5, medan PHEV-försäljningen är mer jämnt fördelad. Det är också därför minskningen i utsläppsintensiteter är nästan identisk med den grundläggande endast-malus-policyn, liksom minskningen i marknadens storlek. Den förstärkta inkomstkänsliga policyn ger effekter som är i linje med den mer grundläggande versionen, med en ökning av försäljningen av PHEV och en mindre minskning av försäljning för BEV. Följaktligen ger denna policy en större minskning av utsläppsintensiteter (på 7,85 %) än både den grundläggande versionen (5,88 %) och till och med endast-malus-policyn (5,94 %).

3.5 Effekter på den totala bilmarknaden och körsträcka

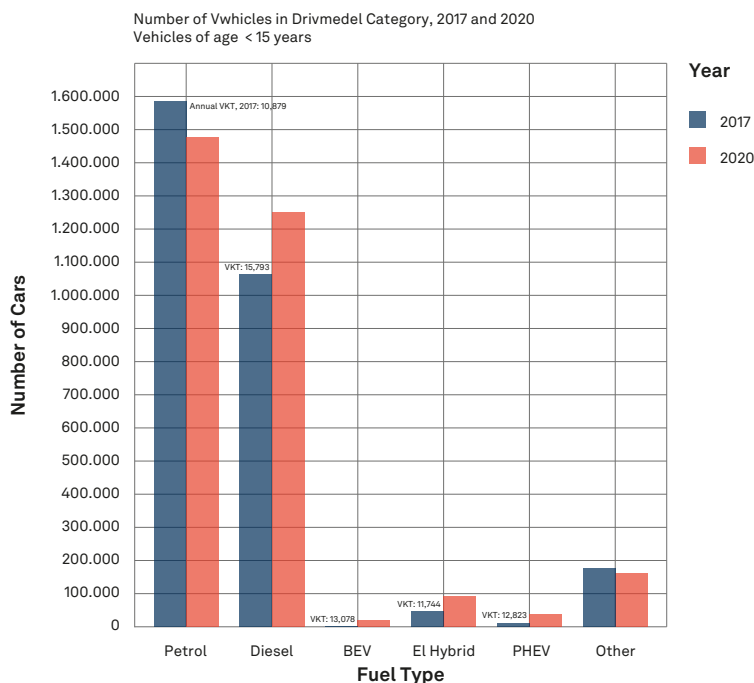
Vi vänder oss nu till att förstå hur bonus-malus-policyn kan ha påverkat den totala körsträckan för olika fordonstyper. Som redan beskrivits är effekten av bonus-malus-liknande policyåtgärder på körsträcka sannolikt indirekt, genom en om-optimering av hela bilflottan, och mer specifikt via marknaden för begagnade bilar. Ett direkt sätt att utvärdera i vilken utsträckning denna kanal är relevant är

¹⁹ Det är värt att notera att de sänkta brytpunkterna och högre avgiftsbelopp säkerställer att de resulterande malusbeloppen för de flesta modeller av bensin- och dieslbilar är betydligt högre än i scenariot med förstärkt bonus-malus.

via utvecklingen av priser på begagnade bilar på marknaden, vilka inte är tillgängliga för oss. I deras frånvaro förlitar vi oss på transaktioner av begagnade bilar, med motiveringen att förändringar i transaktionsfrekvensen på marknaden fångar upp nettoeffekten av denna policy.

3.5.1 Svenska fordons körmönster

Innan vi försöker förstå hur bonus-malus kan ha påverkat körvanor är det relevant att förstå hur svenska fordon körs av olika hushållstyper. Vi fokuserar på bränsletyper, tillsammans med en annan dimension som kan vara relevant för att förstå körvanor, nämligen hushållens bilbestånd. Som redan noterats kan flerbils-hushåll ändra syn på sina bilportföljer på grund av bonus-malus-policyn. Följaktligen är det viktigt att förstå hur sådana hushålls körvanor för olika bränsletyper utvecklas under urvalsperioden.

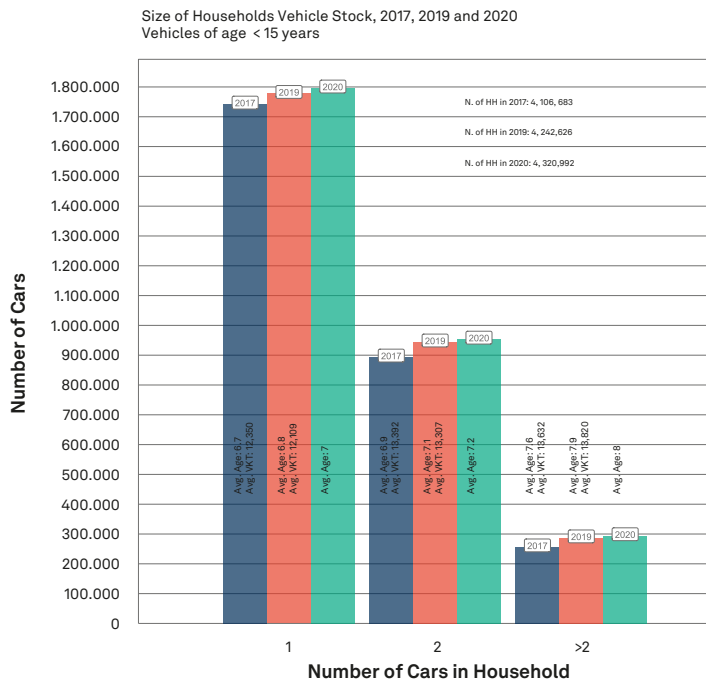


Figur 8. Körsträcka (VKT) efter bränsletyp/drivlinor 2017 och 2020.

Figur 8 visar antalet bilar i flottan efter bränsletyp för de två åren 2017 och 2020 (tagna som före respektive efter policyn), och körsträcka (VKT) (endast för 2017). Den ger en koncis bild av fordonsflottans tillstånd före och efter policyn och tyder på att beståndet av bensinbilar minskade och dieselbeståndet ökade, medan beståndet av hybrid-, PHEV- och BEV-bilar ökade. Genomsnittlig körsträcka (VKT) för olika bränsletyper följer förväntade mönster: bensinbilar körs minst, dieslbilar körs mest, BEV och PHEV körs närmare diesel än bensin (hybrider körs liknande som bensinbilar, inte oväntat). Till skillnad från USA verkar elbilar i Sverige inte köras mindre än bensinbilar, och de körs endast mindre än diesel av uppenbara skäl, nämligen att de tidiga elbilarna hade mindre räckvidd och/eller huvudsakligen var begränsade till stadsområden. Figur 8 tyder således på att det inte nödvändigtvis är sant att BEV betraktas som extra bilar som körs mycket lite, jämfört med andra bränsletyper/drivlinor, åtminstone för Sverige. Det är dock viktigt att undersöka

denna aspekt ur perspektivet av enkel- kontra flerbils-hushåll, vilket vi vänder oss till nedan.

Vi börjar med att analysera körsträcka (VKT) och genomsnittlig ålder på bilar efter hushållens bilbeståndsstorlek, vilket presenteras i Figur 9.²⁰ För flerbils-hushåll presenterar denna figur den genomsnittliga körsträckan/genomsnittliga åldern på en bil över alla ägda bilar (inte den totala körsträckan). Vi ser att den genomsnittliga åldern på en bil varierar beroende på hushållens bilportfölj, där hushåll med fler bilar har en högre genomsnittlig bilålder. Dessutom ökar den genomsnittliga bilåldern över de tre åren som övervägs (genomsnittlig körsträcka förändras inte mycket över tiden). Mer överraskande är att tvåbils-hushålls körsträcka inte är mycket högre än för enbils-hushåll (och på samma sätt kör hushåll med > 2 bilar inte mer än tvåbils-hushåll). Denna figur ger indikativt stöd för två punkter: (i) efter bonus-malus ökade den genomsnittliga bilåldern för alla typer av bilägande hushåll utan någon systematisk förändring i körsträcka; och (ii) genomsnittlig körsträcka skiljer sig inte signifikant mellan hushåll som äger en eller fler än en bil.

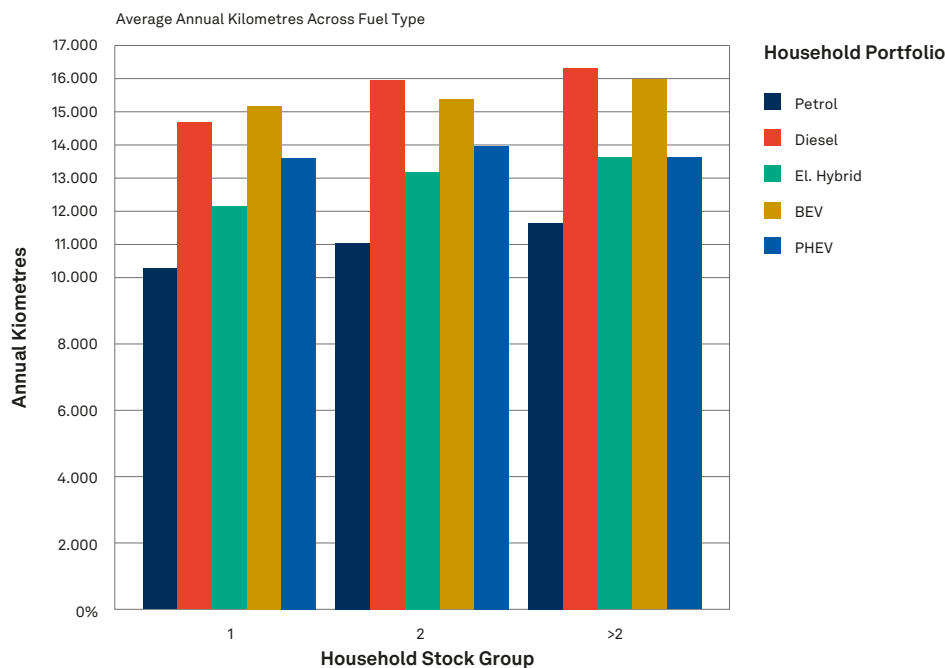


Figur 9. Körsträcka (VKT) och genomsnittlig ålder efter hushållens bilportföljsstorlek: 2017–2020.

Vi undersöker nu om hushåll med olika portföljstorlekar kör olika bränsletyper/drivlinor på olika sätt. I Figur 10 presenterar vi körsträckedata efter hushållsportfölj-grupp och bränsletyp/drivlinor, där varje bränsletyp/drivlina representerar genomsnittet för den hushållsportföljgruppen. Följande punkter är noterbara: BEV körs mycket likt bensinbilar för enbils-hushåll, men körs mindre än diesel för alla bilägargrupper. Ett undantag är tvåbils-hushåll, som kör en BEV mer än de kör sin

²⁰ Denna jämförelse är något skev på grund av att åldersfördelningen för 2019 är snedvriden mot bilar äldre än fem år (av skäl som redan diskuterats) och att VKT-data saknas för år 2020.

bensinbil. PHEV körs i stort sett liknande som BEV, med undantag för hushåll med > 2 bilar, som kör PHEV mindre än BEV. BEV och PHEV körs på ett jämförbart sätt över alla portföljstorlekar. Sammantaget finns det inga bevis för att BEV/PHEV körs signifikant annorlunda än bensinbilar. Diesel är en stor avvikare här, eftersom det är tydligt att hushåll som förväntar sig att köra längre sträckor äger dieselbilar, och att detta mönster är konsekvent över alla bilportföljstorlekar.



Figur 10. Genomsnittlig årlig körsträcka (VKT) för olika bränsletyper över portföljstorlek.

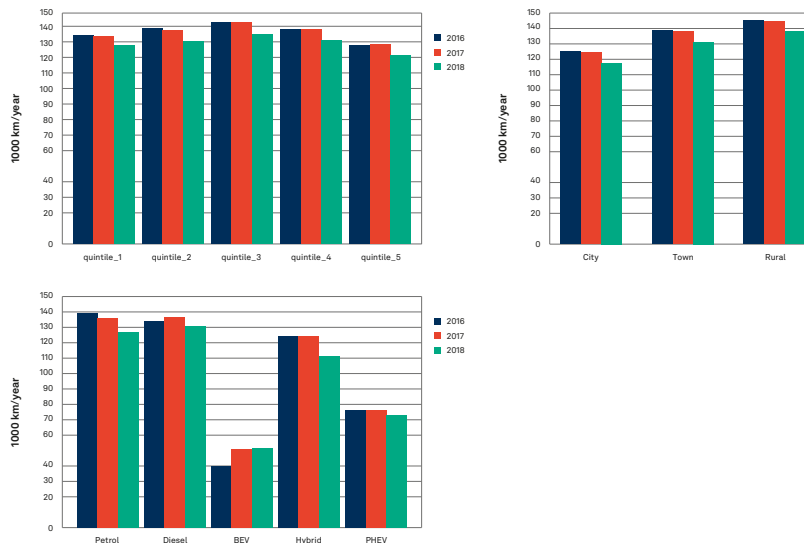
3.5.2 Mönster i fordonsaffärer

Vi vänder oss nu till mönster i transaktioner som involverar begagnade bilar, med fokus på mätarställningar och hur de varierar beroende på inkomst, region och bränsletyp. Data visas i Figur 11. Tillgången på tillförlitlig data för mätarställningar och dess överlappning med bonus-malus-policyn innebär att vi begränsar vårt urval till perioden augusti till december för de tre åren 2016, 2017 och 2018.²¹ För att också säkerställa att urvalet av bilar är jämförbart över dessa tre år fokuserar vi på bilar som inte är nya och som har transaktioner under denna period. Den senare begränsningen säkerställer att bilar som inte bytt ägare (vilka kan vara äldre och ha olika egenskaper jämfört med de som har gjort det) inte ingår i jämförelsen.

Mönster innan policyn. Vi börjar med att diskutera mönster i data före policyn (2016 och 2017). Det första att notera är att det finns endast små skillnader mellan

²¹ På grund av fordonsinspektionsschemat och det faktum att tillförlitlig data för mätarställningar är svåra att konstruera efter 2018, avser vår data för mätarställningar bilar som först köptes (dvs. första registrering) senast någon gång i mitten av 2015, vilket innebär att urvalet av BEV och PHEV är både litet och äldre än de som för närvarande finns på vägarna. Eftersom bonus-malus började mot slutet av vårt urval (vi har ett halvårs körsträckedata efter juli 2018), vore det att föredra att jämföra en liknande period (och säsong) före policyn. Följaktligen begränsar vi vårt urval till perioden augusti till december för 2016, 2017 och 2018. Med tanke på detta väljer vi de år och månader för vårt VKT-urval som vi gör.

mätarställningarna under de två åren, förutom i fallet med BEV. Den genomsnittliga mätarställningen för en (begagnad) BEV som byter ägare är betydligt högre 2017 än 2016. Detta beror förmodligen på att BEV-försäljningen ökade kraftigt (i procent per år) under perioden, från en mycket låg initial nivå. Därför fanns det fler äldre BEV att handla med 2017 än 2016, därav de högre mätarställningarna. Ett annat faktum som sticker ut från Figur 11 är att handlade bilar vanligtvis har mätarställningar på över 100 000 km, vilket starkt tyder på (baserat på Figur 9) att den genomsnittliga handlade bilen är cirka 10 år gammal.



Figur 11. Genomsnittlig mätarställning för olika regioner och inkomstkvintiler.

Urvalet av fordon bestod av alla fordon (äldre än 3 år vid den tidpunkten) som handlades mellan augusti och december under åren 2015–2018.

När det gäller skillnader mellan demografiska grupper och drivlinor ser vi en tydlig ökning av mätarställningar hos handlade bilar när säljaren går från en urban till en rural kontext. Detta kan korrelera med den (svagare) trenden mot lägre mätarställningar när säljaren har högre inkomst, eftersom genomsnittsinkomster är högre i tätbebyggda områden. Det kan också ha att göra med högre årlig körsträcka (VKT) på landsbygden, vilket innebär att bilar i samma ålder tenderar att ha högre mätarställningar.

Förändringar efter policyn. Den mest intressanta frågan från vårt perspektiv är vad som hände efter införandet av policyn 2018. Återigen med betoning på att vi inte har några bevis för kausalitet, ser vi en tydlig minskning av mätarställningar hos handlade bilar, över alla inkomstgrupper och i både rurala och urbana områden, och över alla bränsletyper (förutom BEV där, som förklarat ovan, vi har goda skäl att förvänta oss en starkt uppåtgående trend). Denna minskning måste – av rent mekaniska eller matematiska skäl – ha orsakats av antingen (i) en våg av extra aktivitet på marknaden för relativt nya (lågkmils-) begagnade bilar, eller (ii) en minskning av aktiviteten på marknaden för mycket gamla (högkmils-) begagnade bilar. Om en eller båda av dessa förändringar är en kausal effekt av policyn, hävdar vi att (i), dvs extra aktivitet på marknaden för nyare begagnade bilar, är den betydligt mer sannolika effekten. I nästa avsnitt diskuterar vi varför policyn kan ha denna effekt, och de långsiktiga konsekvenserna för utsläpp.

4. Diskussion

4.1 Huvudresultat och deras relation till befintlig litteratur

När det gäller både den initiala bonus-malus-policyn och dess kontrafaktiska varianter sticker fem huvudaspekter av våra resultat ut.

1. En betydande minskning av utsläppsintensiteter, med cirka 6 procent jämfört med baslinjepolicyn (supermiljöbilspremien).
2. En måttlig förskjutning mot icke-förbränningsmotordrivlinor, specifikt PHEV, med cirka 8 procent (och en större förskjutning mot BEV, med cirka 12,5 procent).
3. En låg pass-through-rate, specifikt för bonusfordon, på 42 procent, och en måttlig ökning av (genomsnittliga) priser för opåverkade fordon, med cirka 4 000 SEK.
4. Endast-malus-policyåtgärder minskar utsläppen betydligt genom att minska storleken på den totala marknaden, medan inkomst känsliga bonusar efterliknar endast-malus-policyer.

Det är viktigt att notera från början att den svenska bonus-malus-policyn är den mest ambitiösa bonus-malus-policyn som har utvärderats (och möjligen även implementerats). Följaktligen kan resultat från utvärderingar av de franska och japanska systemen, som är betydligt äldre och mindre ambitiösa, vara mindre jämförbara. Trots detta skiljer sig våra resultat från resultaten i mycket av den tidigare litteraturen.

För den grundläggande bonus-malus-policyn är minskningen av utsläppsintensiteten en betydande 5,8 %, mer än tre gånger större än den effekt som estimerats för det franska fallet i Durrmeyer (2022). En anledning till den betydande effekten är den uppenbara och betydande förskjutningen bort från ICE-bilar mot mer elektriska fordon. En andra anledning är att marknaden för nya bilar krympte som ett resultat av policyn (med 4 533 bilar, vilket representerar hela 5–7 % av den genomsnittliga årliga försäljningen av nya bilar mellan 2015 och 2017). Alla dessa ”förlorade försäljningar” var nya ICE-bilar, vilket förstärker nettoeffekten på utsläppsintensiteter för den nya bilflottan efter 2019. Även om brist på data förhindrar en estimering av effekten på olika lokala föreningar, har den storskaliga förskjutningen bort från ICE-bilar sannolikt resulterat i en minskning av nästan alla lokala föreningar också.

Våra kontrafaktiska scenarier ger två breda uppsättningar av resultat: endast-malus-policyåtgärder gav ofta den största minskningen av utsläppsintensiteter, och den förstärkta malus (som har varit i kraft sedan den 9 november 2022) ledde till den största minskningen av utsläpp. Dock är en förstärkt version av bonus-malus nästan lika effektiv enligt våra beräkningar. Mer överraskande är att inkomstbaserade bonusar i en bonus-malus-policy (där endast hushåll i kvintil 1–3 är berättigade) ger identiska utsläppsminskningar, även när de förstärks, som i den grundläggande bonus-malus-policyn. Vi noterar att våra resultat när det gäller inkomstbaserade bonusar, som har liknande effekt på utsläpp men en högre effekt på PHEV-andelar än endast-malus-policyåtgärder men lägre effekt än enhetliga bonusar, är motsatta till de i Linn (2022) för USA (mer specifikt för Kalifornien). Även om olika samman-

hang och modeller gör en direkt jämförelse svår noterar vi att den studien finner (till skillnad från vår) att pass-through varierar betydligt beroende på inkomst. De finner även en betydligt högre prisrespons för hushåll med lägre inkomst. När det gäller alternativa bonus-malus-policyåtgärder föreslår Durrmeyer (2022) (som utvärderar ett äldre franskt system från 2008) att en betydligt högre malus på få modeller och en låg bonus på många kommer att öka välfärden samtidigt som minskningen i CO₂-utsläpp är lika stor.

När det gäller pass-through skiljer sig våra resultat betydligt från de i Durrmeyer (2022, §4.1.2) för det franska bonus-malus-fallet, där de finner en pass-through-rate på drygt 100 % och en mycket liten förändring i priserna för alla bilar. Våra resultat är förenliga med den betydande minskningen av försäljningen av nya bilar som observerats efter policyn i vårt fall (jämfört med en ökning av försäljningen av nya bilar). Vi spekulerar i att en anledning kan vara den mycket breda omfattningen (och det betydande beloppet) av malus, som kan ha behövts för att stimulera en övergång till nya bränsletyper (till skillnad från marginella förändringar av motortyp i det franska fallet). En annan anledning kan vara den mycket annorlunda karaktären på den svenska marknaden för nya bilar, som är relativt liten till storlek, med endast en inhemsk tillverkare (Volvo), dominerad av stora premiumbiltillverkare, och en mycket aktiv marknad för begagnade bilar. Vi noterar att i en utvärdering av det japanska bonus-malus-systemet rapporterar Konishi and Zhao (2017) en betydande prisökning för de flesta av de populära modellerna (de rapporterar inte pass-through eller ger ytterligare detaljer), med större storlekar än vad vi finner (Tabell 4).

Det är också värt att kort jämföra våra priselasticitetsestimeringar efter demografiska grupper med de i litteraturen, med tanke på både bristen på sådana estimeringar för Sverige (vi hittade inga publicerade estimeringar) och deras centrala roll för att förstå responsen på prissatta policyer. Kortfattat är våra priselasticitetsestimeringar på den lägre sidan av vad som finns i andra studier. Vår studie är den enda, såvitt vi vet, som rapporterar priselasticiteter för nya bilar med hjälp av hela populationen av nya bilköp med detaljerad modellspecifik fordonsdata. För det japanska bonus-malus-systemet finner Konishi and Zhao (2017), med hjälp av kvartalsdata, elasticiteter som är jämförbara med våra (varierande mellan 2 och 3,2 för de mest sålda modellerna), medan Abe (2022), med hjälp av mer detaljerad undersökningsdata, finner större värden i genomsnitt, 4,68. I samband med substitution av fordonsattribut för USA estimerar Leard et al (2023) (med hjälp av en undersökningsdata) större värden, varierande mellan 3,2 och 4,8, medan Bento et al. (2009), återigen för USA, estimerar elasticiteter (med hjälp av en tvärsnittsundersökning av hushåll från NHTSA) varierande mellan -0,88 och -1,97 (för mycket aggregerade "biltillverkare", snarare än detaljerade modeller). Slutligen varierade de ursprungliga BLP-estimeringarna mellan 3 och 4,5.

När det gäller utvecklingen av körvanor är vår studie den enda (såvitt vi vet) som har undersökt variationen i körsträcka (VKT) före och efter policyn över olika dimensioner, och specifikt över hushållens bilportfölj. Tidigare undersökningar för Kalifornien och Norge ger insikter som skiljer sig från våra. Vi finner att BEV och PHEV körs på liknande sätt som bensinbilar, med endast dieselbilar som körs längre. På samma sätt är det betydligt mer sannolikt att finna BEV (och i mindre utsträckning PHEV) i flerbils-hushåll. Detta skiljer sig avsevärt från kontexten för Kalifornien, där BEV inte bara körs betydligt mindre utan också förvärvas som extra-bilar.

Vår observation att svenska BEV (och i mindre utsträckning PHEV) övervägande finns i flerbils-hushåll liknar tidigare observationer i Norge (Fevang et al. (2021); Johansen and Munk-Nielsen (2022)). Körsträckor där för BEV är högre på grund av karaktären på policyblandningen, där körsubventioner (för BEV eller PHEV före 2018) explicit påverkade både bilval och körsträckor (som visades i denna studie för Norge).

Slutligen tyder vår datautforskning på att bonus-malus-policyn kan ha utlöst en våg av aktivitet på marknaden för relativt nya begagnade bilar. Den sannolika anledningen till detta är att policyn avsevärt förändrade de relativa priserna för begagnade bilar med olika attribut, vilket speglar förändringarna i de relativa priserna för nya bilar med olika attribut (så förorenande ICEV borde bli dyrare jämfört med BEV). Denna förändring av relativa priser borde – i teorin – leda till att hushåll ”om-optimerar sina portföljer”, med andra ord borde det utlösa en våg av köp och försäljning när olika hushåll reagerar olika på den nya situationen. Det faktum att vi observerar en sådan våg av transaktioner stöder teorins förutsägelse att policyn kommer att ha indirekta effekter på marknaden för begagnade bilar, vilket ökar värdet på ICEV och i slutändan saktar ner skrotningen av sådana fordon. Därför finns det en risk att policyn, samtidigt som den uppmuntrar en långsiktig förskjutning mot ZEV, kan utlösa en motverkande förlängning av livslängden för de mest förorenande fordonen på kort och medellång sikt. Denna effekt demonstrerades för den norska bilmarknaden (för en mycket aggregerad bilmodell) i Johansen and Munk-Nielsen (2022). Även om vår studie inte är en formell modell, tyder detta resultat på att en liknande effekt kan vara på gång för Sverige.

4.2 Begränsningar

Vi fokuserar på att etablera ett jämviktsramverk för att modellera effekten av prisbaserade policyåtgärder för nya bilar i närvaro av flera existerande och överlappande policyer, med fokus på bonus-malus-policyn. Vissa försiktiga slutsatser kan dras angående hur policyåtgärder kan påverka koldioxidutsläpp från svenska bilar i framtiden, men möjligheten är begränsad, av flera anledningar som vi beskriver nedan.

Begagnat-marknaden. Alternativet till att köpa en ny bil i vår analys är att fortsätta med den bilen man redan har, eller att handla på begagnat-marknaden. Med tanke på (i) att nya bilregistreringar ofta utgör mindre än en fjärdedel av de totala bilregistreringarna under ett givet år (för Sverige, beräknat med vår data), (ii) att en lätt begagnad bil ofta är ett bra substitut för en helt ny bil, och (iii) att den marknaden för begagnade bilar är ganska aktiv i Sverige, är det troligt att malus-politiken har fått många hushåll att antingen skjuta upp köpet av en ny bil (och därmed fortsätta använda sin nuvarande bil) eller att köpa en begagnad bil istället. Således kan den genomsnittliga åldern på bilflottan ha ökat som ett resultat av politiken, vilket innebär att de totala utsläppen (vars beräkning kräver data relaterade till körda kilometer och ligger utanför ramen för den nuvarande analysen) kan ha minskat mindre än vad en enkel ett-till-ett-ersättning av en begagnad bil med en effektivare ny bil kan tyda på. Detta tyder på en andra begränsning i vår analys: att inte ta hänsyn till effekten på den begagnade bilmarknaden kan leda till felaktiga estimeringar av koldioxidutsläpp.

Hantering av dynamiska effekter. Dynamiska effekter ställer till det för vår analys på flera sätt. Först och främst är vår analys begränsad till de tidiga åren av policyn, under vilka både modeller och marknadsandelar för PHEV/BEV var

ganska låga, < 10 % (vilka har ökat till slutet av 2023 till nästan 60 % av den totala marknaden). Förändringar på utbudssidan har resulterat i en tredubbling av antalet PHEV- och BEV-modeller sedan 2019. Följaktligen kan vår utvärdering av kontrafaktiska policyåtgärder från 2019 vara kvantitativt mindre tillförlitlig som vägledning för framtida policyåtgärder (t.ex. 2026) tills åtminstone data uppdateras (och möjlighet att studera investeringsdynamik introduceras explicit på utbudssidan).

Mer generellt innebär potentialen för snabb teknisk utveckling, vilket vi inte modellerar, att vår analys av utbuds- och efterfrågesidan snabbt kan bli föråldrad. Till exempel kan det tänkas att laddningsbara och fossildrivna bilar blir bättre substitut allt eftersom el-bilarnas egenskaper (pris, räckvidd, osv.) liknar varandra mer, vilket kan innebära att resultatet att malus avskräcker från fossil-köp utan att uppmuntra el-köp stämmer allt sämre med tiden. Lösningen är förstås att uppdatera analysen när nya data blir tillgängliga.

Modellerna som våra utgångspunkt ifrån att hushåll har enkla, statiska preferenser för observerbara produkttegenskaper. Det innebär att vi inte kan modellera hur beslut hos bekanta eller grannar (t.ex. att köpa en BEV) kan påverka det egna hushållets sätt att resonera kring val mellan biltyper. Tebbe (2024) undersöker så kallade "peer effects" och BEV-adoption för Sverige, och rapporterar betydande effekter. Vi kan dock inte särskilja effekterna av bonus-malus-politiken från sådana effekterna.

Överlappande styrmedel. Bonus-malus är en del av en flora av olika åtgärder kring biltrafik och koldioxidutsläpp. I den svenska kontexten inkluderar dessa EU:s utsläppsprestandastandarder (EPS)²² som införs på tillverkar-gruppnivå, och ett aviserat förbud mot ICE-bilar från 2035. På längre sikt kan många sådana policyåtgärder driva betydande teknisk förändring på utbudssidan, och förändringar på utbudssidan kan i sin tur påverka efterfrågesidan, till exempel via ytterligare policyer, såsom incitament för laddinfrastruktur under t.ex. programmet *Klimatklivet*. Ur ett ekonometriskt perspektiv representerar detta en utmanande situation eftersom det blir svårt att härleda observerade förändringar till en specifik policy.

En relaterad begränsning av studier av jämviktsprodukt efterfrågan som vår är förhållandet mellan fordonsefterfrågan och efterfrågan på (offentlig och privat) laddinfrastruktur. Den snabba ökningen i antal laddbara fordon kräver betydande privata och offentliga investeringar i laddinfrastruktur. De flesta länder, inklusive Sverige och Tyskland, har explicit infört policyer för att stimulera laddinfrastruktur. För att illustrera fanns det två svenska program under vår studieperiod, *ladda hemma* (för privata hem) och *ladda bilen* (för lägenheter och organisationer), som tillsammans ledde till att cirka 70 000 laddpunkter skapades. Denna aspekt komplicerar ytterligare attribueringen av effekten av ökad EV-försäljning till bonus-malus-politiken. Dock fungerar jämviktsmodeller väl så länge vi håller oss till kortsiktiga effekter. Och när man tittar på den vetenskapliga litteraturen ser man att de flesta ekonometriska analyser av effekterna av olika policyer på fordonsval till stor del fokuserat på en policy i taget.²³ Detta gäller både studier på makroekonomisk nivå (med fokus på nationella marknadsandelar), såsom Reynaert (2021), och på hushållsnivå för fordonsval (t.ex. Linn, 2022 och Leard et al., 2023).

²² EPS-politiken har två komponenter: ett EU-gemensamt mål för olika implementeringsperioder och ett tillverkarspecifikt mål, där varje tillverkare tvungen att uppfylla målet för varje period utan att handel med kvoter tillåts. Det EU-gemensamma målet för perioden 2015–2019 sattes till 130 g koldioxid per km (sänkt till 95 g/km för perioden 2020–2024). Det finns också ett mandat (ZEV-mandat), från och med 2020, för tillverkare att ha minst 5 % av sin totala försäljning inom EU som BEV, med en ökning till 10 % året därpå. Dessa mål kodifierades för både perioden 2020–2024 och 2025–2034.

²³ Det enda undantaget vi känner till är Springel (2021) som explicit modellerar två norska policyer samtidigt.

I stora drag har interaktionen mellan EU-gemensamma och nationella policyer två distinkta effekter, vilket gör vår utvärdering föremål för två felkällor: den första effekten uppstår från det faktum att EPS är på EU-nivå, och Sverige är en relativt liten (men lönsam) marknad. Detta innebär att vår analys av utbudssidan inte kan ta hänsyn till det faktum att tillverkares incitament att reagera på nationella och EU-policyer faktiskt kan skilja sig åt. I den utsträckning tillverkare reagerar på EPS kan effekten av bonus-malus överskattas. Denna effekt är sannolikt inte stor med tanke på Sveriges lilla marknadsstorlek, och att tillverkare som står inför bonus-malus sannolikt optimerar sin befintliga modellportfölj snarare än att utveckla helt nya modeller på kort sikt. Den andra effekten handlar om att inte explicit ta hänsyn till de extra kostnaderna för introduktion av nya modeller (som i Reynaert (2021)), vilket innebär att tillverkares vinster kan överskattas. Detta stämmer faktiskt överens med observationen att många tillverkare inte kan täcka ens produktionskostnaderna med försäljningen av BEV. I detta fall är vår modellering av utbudssidan suspect. Effekten av kostnadsökningen på utbudssidan motverkas sedan av bonus-malus, vilket innebär att den verkliga effekten av bonus-malus sannolikt är större än vad vi finner. Nettoeffekten i detta fall är oklar.

4.3 Implikationer för framtida forskning

Tre inriktningar för framtida forskning medförs både av modellramverket som utvecklats i projektet samt den växande litteraturen om politik för att minska koldioxidutsläppen från bilflottan. För det första, utvecklingen av ramverk som inte bara omfattar flera policyåtgärder (på utbuds- och/eller efterfrågesidan) utan mer specifikt investeringsdynamik på utbudssidan under ZEV-mandat, förbud mot förbränningsbilar och konsumenters upptag av ny teknik med prissättningsbaserade policyåtgärder på efterfrågesidan. De modeller som för närvarande används för dessa ändamål är utvecklade med varierande grad av aggregering på efterfrågesidan (högt aggregerade, som i Reynaert (2021), eller aggregerade med grov modelldefinition, som i Leard et al. (2023)) och mer elaborerad investeringsdynamik under olika policyramverk (Leard et al. (2023); Reynaert (2021)). Utvecklingen av dessa ramverk med en relativt detaljerad efterfrågesida tillsammans med en mer komplett utbudssida, vilket är en utmanande insats, är ett viktigt område för framtida forskning.

Den andra inriktningen för forskning består i att explicit fokusera på länken mellan användning och köp av ett fordon. Att fokusera på köp av ett nytt fordon kan dölja dynamiken i användningen av den befintliga bilflottan, där nya bilköp årligen utgör mindre än 5 % av den totala bilflottan. Även efter många år av bonus-malus-politiken är det osannolikt att BEV-fordon 2023 utgör mer än 20 % av den totala bilflottan, vilket innebär att den största delen av körningen fortfarande sker med förbränningsbilar. Följaktligen är förståelsen av dynamiken i bilflottan en viktig komponent för att utvärdera olika fordonsrelaterade policyer. Denna aspekt är särskilt viktig när den betraktas tillsammans med hushållens heterogenitet i användningen av en portfölj av bilar för hushåll med flera bilar. Även om det är utmanande, och med en litteratur som är mycket liten (Archsmith et al. (2020); Johansen and Munk-Nielsen (2022)), är denna insats troligen viktig för att bättre utvärdera policyåtgärder som antingen riktar sig mot bilköp eller bilanvändning (t.ex. trängselskatt).

Den tredje inriktningen för framtida forskning är att explicit ta hänsyn till policyer relaterade till laddinfrastruktur och hur de interagerar med andra policyer på efterfrågesidan. Det kommer att vara viktigt att komplettera studier av

produktmarknadsjämvikt med en analys Springels (2021) för att utvärdera graden av komplementaritet mellan de två subventionerna, dock utvecklad till att inkludera kausal analys. Det är inte uppenbart vilken av dessa två subventioner som ger en större effekt, och i vilken utsträckning. Det kan argumenteras för att, ur ett konsumentperspektiv, tillgången på tillräckligt med laddmöjligheter är en stark faktor för köp av BEV.

4.4 Bredare relevans

Här diskuterar vi den bredare relevansen av bonus-malus-system samt deras nära släktingar som amerikanska CAFE-systemet och europeiska EPS, *emission performance standards*. Skillnaden mellan bonus-malus och regleringar som CAFE eller EPS är att i ett bonus-malus-system är det staten som korssubventionerar lågutsläppsprodukter på bekostnad av högutsläppsalternativ, medan med EPS-system tvingas producenterna själva att korssubventionera och systemet är därmed mindre synligt för konsumenterna. För en ingående analys av bonus-malus-system se Johnson (2006).

EPS-system är attraktiva för politiker eftersom de inte nödvändigtvis leder till nettointkomster till staten. Detta kan verka paradoxalt men har förstås med acceptansen att göra: det finns en utbredd perception att många ”gröna skatter” är i själva verket illa dolda sätt att dra in mer pengar till staten, vilket leder till motstånd. Systemen leder konsumenterna till grönare val vad gäller inköp, och driver producenter mot ett grönare sortiment och även teknikutveckling.

EPS-system är aldrig lika träffsäkra som system som innebär prissättning av själva utsläppen. Ett problem är att EPS-system driver inte ned konsumtionen i hela sektorn, vilket kan vara ett stort problem om sektorn i sig är väldigt förorenande i förhållande till andra sektorer, medan skillnaderna i utsläppsintensitet inom sektorn är små. Detta gäller till exempel passagerarflyget. Eftersom allt flyg är i dagsläget extremt utsläppsintensivt finns det knappast något utrymme för ett EPS-system. Ett annat problem är när utsläppen inte är direkt kopplade till köpet av varan som är föremål för systemet, vilket förstås gäller för bilar: bonus-malus-systemet för bilar har liten effekt på kort och medelfristig sikt eftersom systemet lämnar den befintliga bilflottan mer eller mindre oberörd, och inte heller påverkar hur bilarna används efter att de är införskaffade.

Där EPS-system kan vara attraktiva är i marknader där (i) det finns ett stort motstånd till utsläppsskatter som ger intäkter till staten, samt (ii) det finns stora skillnader i utsläpp som är direkt kopplade till olika produkter eller teknikval. Ett exempel på ett område som uppfyller dessa kriterier är livsmedelsförsäljning. I detta sammanhang skulle staten kunna kräva att varje större återförsäljare (ICA med flera) måste hålla sina totala klimatutsläpp per SEK i intäkter under en viss gräns. Det skulle kunna uppnås genom att lågutsläppsprodukter korssubventioneras på bekostnad av högutsläppsalternativ, men även genom att sätta press på leverantörer att minska sina produktionsutsläpp eller genom effektiviseringar inom det egna ledet. Ett sådant system skulle kunna vara attraktivt politiskt eftersom vi ser ett starkt motstånd mot ”köttsskatter” samtidigt som val av livsmedel har stora effekter på utsläpp av växthusgaser. Dessutom skulle åtgärdens träffsäkerhet vara relativt hög eftersom utsläpp är förenad med produktionen av varorna som köps snarare än deras användning under många år efteråt. Ett uppenbart problem skulle dock vara att mäta utsläppen i alla led; där är det förstås mycket enklare med nybilsförsäljning.

5. Slutsatser

Policyimplikationer. Forskningsprojektets mål handlar främst om att utveckla ett jämviktsramverk för utvärdering av efterfrågestyrda policyåtgärder på den svenska marknaden för nya bilar, med vilket kontrafaktiska policyexperiment skulle genomföras. Dessa experiment fokuserar på policyåtgärder som redan har implementerats, samt de som explicit fokuserar på att mildra problem kring de högre priserna på bonusfordon. Två huvudimplikationer från våra resultat framhävs, när det gäller policydesign: för det första, om utsläppsminskning är det huvudsakliga målet, så ger malus-policyer, särskilt strikta sådana, den största effekten. De ger också den största krympningen av den totala storleken på marknaden för nya bilar, men kan också generera betydande intäkter som kan omfördelas för att mildra några av de negativa effekterna av en sådan policy. En förbättrad version av bonus-malus-politiken ger också betydligt högre utsläppsminskning än den ursprungliga versionen. Dock innebär sådana varianter en större finansieringskostnad.

En inkomstkänslig bonus-malus-policy, där bonusar begränsas till hushåll med lägre inkomster, ger liknande utsläppsminskning som den ursprungliga bonus-malus-politiken. Med andra ord, genom att öka köpet av PHEV/BEV bland hushåll med lägre inkomster, som initialt köpte väldigt få av dessa, kunde en liknande utsläppsminskning ha uppnåtts. Denna policy fungerar dock främst genom att minska försäljningen av förbränningsbilar snarare än att omdirigera köp till PHEV/BEV. De finansiella kostnaderna för denna policy är också lägre, eftersom dessa hushåll inte köper lika många PHEV/BEV som hushåll med högre inkomster gör i den ursprungliga bonus-malus-politiken.

Ur ett policyperspektiv tyder våra resultat därför på att inkomstkänsliga bonusar, även om de fungerar genom olika kanaler, kan leda till liknande utsläppsminskningar som enhetliga bonuspolicyer. Brasklappen liknar de som beskrivits ovan, nämligen att om utbudssidans investeringar är en funktion av marknadens storlek, kan enhetliga bonuspolicyåtgärder som fokuserar på BEV-marknadens storlek vara att föredra.

Grund för framtida policyutvärdering. Ett annat sätt som projektets resultat kan vara användbara för framtida forskare och myndigheter som är involverade i design och utvärdering av transportpolicy är att de tillhandahåller (åtminstone en del av) en grund på vilken framtida policyutvärderingsramverk kan konstrueras, antingen direkt eller indirekt.

Eftersom modellramverkets underliggande delar – R-kod etc. – kommer att göras offentligt tillgängliga, kan ramverket både användas som det är (med datauppdateringar) eller utvecklas vidare (längs de linjer som anges ovan) för att utvärdera framtida förändringar i policyåtgärder för nya bilar från många perspektiv. Så vitt vi vet finns det inget ekonomiskt jämviktsmodellramverk för Sverige som kan användas för policyutvärdering, och modellen som utvecklats som en del av detta projekt kan fylla en sådan roll. I detta sammanhang är det viktigt att notera att modeller av den typ som utvecklats här ofta används för antingen explicit policyutvärdering eller för ytterligare finjustering av transportpolicyåtgärder i liknande sammanhang, t.ex. en utvärdering av de amerikanska CAFE-standarderna för 2022 i Leard et al. (2023) (§5.2).

Projektet kan indirekt hjälpa svenska myndigheter som en kunskapsbas på vilken framtida policyutvärdering för svenska policyåtgärder kan byggas. För att illustrera, om en utvärdering av ett policyförslag som skrotpremier planeras, kan en förståelse av utbuds- och efterfrågesidan för begagnade bilar, utöver nya bilar, i linje med vad som beskrivits ovan, eftersträvas. Det aktuella projektet kan i ett sådant fall tillhandahålla en grund på vilken framtida utveckling kan baseras.

Bilagor

A1. Efterfrågemodellen

Efterfrågemodellen baseras på grupp-nivådata för val av bil. Vi indexerar konsumenter med $i = 1, \dots, I$, grupper (definierade nedan) med $g = 1, \dots, G$, och definierar en marknad som ett registreringsår, $t = 1, \dots, T$. För tydlighet utelämnar vi marknadsindexet i vår modellpresentation där det är möjligt. I enlighet med senare litteratur (se Leard et al. (2023) och referenser där) antar vi att för ett välavvägd gruppering, med G grupper i en population av storlek N , kan man hantera alla typer av observerad heterogenitet i val mellan grupper. För att se fördelarna med detta tillvägagångssätt i vårt fall noterar vi att även för ett litet antal välvalda grupper är det rimligt att anta att hushållens preferenser för viktiga bilattribut (såsom effekt, driftskostnad och pris) varierar mer mellan grupper än inom grupper. Dessutom, eftersom välfärdsrelaterade frågor är av central betydelse längs dessa och liknande dimensioner, ger detta tillvägagångssätt en direkt metod för att estimerar modellen längs de dimensioner som är av policyintresse, utan de ytterligare utmaningar och antaganden som är involverade i att aggregera från individuell nivå.

Vi antar att det är möjligt att tilldela varje individ i den relevanta populationen (inklusive de som valde att inte köpa en ny bil) till en grupp $g \in G$, och att beräkna genomsnittliga demografiska egenskaper, såsom inkomst, ålder, antal invånare i ett hushåll, associerade med varje grupp g genom att ta genomsnittet över alla individer/hushåll i den gruppen. Detta är möjligt tack vare tillgång till två olika dataset: det kompletta registreringsdatat för alla bilar registrerade i Sverige mellan 2015 och 2019; och ett hushållsregisterdataset för relevanta egenskaper, såsom inkomst, ålder, utbildningsstatus och plats (inklusive, återigen, för de individer/hushåll som valde att inte köpa en ny bil under ett givet år).

Det slutliga priset som konsumenten står inför efter bonus-malus under tidsperioden t (index undertryckt för tydlighet) för modell j betecknas p_j^f , medan listpriset satt av tillverkaren för samma period betecknas p_j . Dessa två priser skiljer sig med bonus-malusbeloppet som tillämpas på modellen $p_j^f = p_j + \lambda_j$, där λ_j är bonus- eller malusbeloppet för modell j , vilket beror på modell j 's koldioxidutsläpp, betecknat e_j . Vi noterar att den specifika definitionen av λ_j inte bara beror på c_j utan också bränsletyp för modell j . Som referens noterar vi att $\lambda_j < 0$ betecknar en bonus, vilket innebär att $p_j^f < p_j$ för bonus-bilar.

Beteckna med $j = 1, \dots, J$ en modell-år-märke för ett givet år/marknad t (där vi, för expositionsenkelhet, ignorerar förändringar i modeller över år), d demografiska egenskaper och med k modellattribut (definierade senare). Vi noterar att ett externt alternativ, $j = 0$, som inkluderar kollektivtrafik och gamla bilar, ingår. Konsument i som tillhör grupp g antas välja det alternativ som maximerar hans nytta. Vi uttrycker nyttan som konsument i får från att köpa bil j som

$$u_{gj} = v_{gjt} + \epsilon_{ijt} = f_{gjkt} + \delta_{jt}$$

$$\text{där } f_{gjkt} = p_j^f \sum_{\ell=1}^L (\alpha_D^\ell D_{g\ell}^1) + \sum_{k=1}^K x_j^{(k)} \left(\sum_{\ell=1}^L (\beta_D^{(\ell,k)} D_{g\ell}) \right) + \epsilon_{gjt} \quad (3)$$

och p_j^f är det (slutliga) priset för bil j , $x_j^{(k)}$ representerar det observerbara icke-prisattributet $k = 1, \dots, K$ för bil j (t.ex., hästkrafter), $\delta_{jt} = \bar{\alpha} p_{jt}^f + \sum_k \bar{\beta}_k x_{jt}^k + \xi_{jt}$ representerar en fix effekt per fordon och marknad, med $\bar{\alpha}, \bar{\beta}_k$ som betecknar respektive pris- och icke-priskoefficienten för basgruppen (referensgruppen), och ξ_{jt} den oobserverade genomsnittliga nyttan över demografiska grupper, D_{gt} representerar konsumentgrupp g 's demografiska egenskaper $\ell = 1, \dots, L$, som påverkar pris- och icke-prisattribut för bilen, $\{\alpha_D^\ell\}$ och $\{\beta_D^{\ell,k}\}$ representerar respektive koefficienter för interaktionen mellan pris- och icke-prisattribut och de associerade demografiska variablerna D , vilket fångar variationer i preferenser för bilattribut på grund av skillnader i observerade konsumentgruppegenskaper (dvs. observerad smak/preferensheterogenitet), ε_{ijt} representerar ett konsument- och bil-specifikt medelvärdes noll i.i.d. felterm med en typ I extremvärdesfördelning, och $f_{g|kt}$ representerar de hushållsspecifika nyttokomponenterna.

Som demonstreras i Leard et al. (2023), när ε_{ijt} har en extremvärdesfördelning av typ I, förenklas efterfrågeekvationen avsevärt till att helt baseras på marknadsandelar och produktattribut,

$$\log(s_{jgt}) - \log(s_{j0t}) = f_{gkjt} + \delta_{jt}, \quad (4)$$

där $\log(s_{jgt})$ och $\log(s_{j0t})$ representerar respektive (logaritmen av) marknadsandelen för den respektive den j^e externa varan. Observera att vi antar att den potentiella marknaden i varje demografisk grupp är lika med antalet hushåll i den gruppen under registreringsåret. Därför ges marknadsandelen för ett fordon i en demografisk grupp under ett registreringsår av förhållandet mellan totala försäljningar av fordonet och antalet hushåll i den gruppen.

Vi noterar att eftersom varje demografisk grupp har en associerad observerad f_{gkjt} , behövs inte i.i.a.-antagandet över demografiska grupper. Som en följd blir de aggregerade substitutionsmönstren mer rimliga än vad som impliceras av logit-efterfrågemodellen. Dessutom förklarar demografiska grupper all preferensheterogenitet (förutom feltermen i ekv. (4)), vilket innebär att det inte finns någon heterogenitet inom gruppen (vilket inte är ett större problem om grupperna är definierade på ett lämpligt sätt). Detta tillvägagångssätt är ganska rimligt eftersom vi kan inkludera en rad observerade fordonattribut.

A2. Utbudsmodellen

Vi antar att varje biltillverkare sätter priser för att maximera total vinst från alla sina bilvarianter, med hänsyn till de priser som sätts av konkurrerande leverantörer. Specifikt använder vi en multi-produkt prissättningsmodell med Bertrand-Nash jämvikt, och betraktar marknaden för nya bilar som en differentierad produkt-marknad där varje tillverkare reagerar på de andra tillverkarnas prissättningsstrategi. Vi presenterar först en modell där det enda reaktion som finns tillgängligt för tillverkarna är att ändra produktpris, och betraktar andra egenskaper, inklusive utsläpp, som fixerade.

Antag att det finns totalt M tillverkare som säljer bilar av olika varianter direkt till konsumenter eller via återförsäljarnätverk. För enkelhetens skull antar vi att återförsäljarna, när de är inblandade, tar ut samma priser från tillverkarna oberoende av marknadsplats, dvs. vi antar ingen prisdiskriminering över marknader. Vinsten för

tillverkare m som säljer J_m varianter av bil j kan uttryckas, i termer av slutpriser p_j^f och bonus-malusbeloppet λ_j som

$$\Pi_m = I \sum_{j \in J_m} s_j(\mathbf{p}^f) \times (p_j^f - c_j - \lambda_j) \quad (5)$$

där I är antalet konsumenter på marknaden, s_j är marknadsandelen för modell j som är en funktion av de slutliga priserna (som konsumenten står inför) för alla bilar, $\mathbf{p}^f$ och c_j är den marginala kostnaden för produkt j vars listpris är p_j^f . De första ordningens villkor för Nash-jämvikt i rena strategier blir

$$s_j(\mathbf{p}^f) + \sum_{k \in J_m} (p_k^f - c_k - \lambda_j) \frac{\partial s_k(\mathbf{p}^f)}{\partial p_j^f} = 0, \forall j \in J_m \quad (6)$$

Ekvation (6) kan skrivas i matrisform som

$$\mathbf{s}(\mathbf{p}^f) + \Omega(\mathbf{p}^f)(\mathbf{p}^f - \mathbf{c} - \boldsymbol{\lambda}) = 0 \quad (7)$$

där $\mathbf{s}(\mathbf{p}^f)$ är vektorn för aggregerade marknadsandelar och matrisen för semi-priselasticiteter, $\Omega(\mathbf{p}^f)$ ges av

$$\Omega_{(k,j)}(\mathbf{p}^f) = \begin{cases} \frac{\partial s_k(\mathbf{p}^f)}{\partial p_j^f} & \text{if } k \text{ and } j \in J_m \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (7a)$$

Då kan de optimala (slutliga) priserna skrivas som

$$\mathbf{p}^f = \mathbf{c} + \boldsymbol{\lambda} - \left(\Omega(\mathbf{p}^f) \right)^{-1} \mathbf{s}(\mathbf{p}^f) \quad (8)$$

Som framgår av ekv. (8) (och också noterat i Reynaert (2021, §4.4), i samband med en annan EU-baserad policy), fångar denna ekvation effekten av "mix-shifting" dvs. att ändra de relativa priserna för bilmodeller som omfattas av bonus och malus (dvs. att skifta mixen av modeller baserat på deras utsläppsprofil i förhållande till bonus-malus-gränserna).

A3. Marknadens efterfrågan och utbud under bonus-malus-policyn

Bonus-malus-policyn påverkar priserna på nya bilar och ändrar därmed konsumenternas bilval och biltillverkarnas prissättningsstrategier. Vi beskriver modellen här i termer av listpris. För att ta hänsyn till eventuella förändringar i konsumenternas efterfrågan efter policyn modifierar vi ekvation (3) enligt följande.

$$u_{ij} = x_j \beta_i - \alpha_i(\tilde{p}_j + \lambda_j) + \xi_j + \varepsilon_{ij}, \quad (9)$$

där $\tilde{p}_j$ är (list)priset för modell j under bonus-malus-systemet och λ_j är bonus- eller malusbeloppet för j , som definieras som

$$\lambda_j = \begin{cases} -60,000 & \text{om } e_j = 0 \\ -(60,000 - 833 \times e_j) & \text{om } 0 < e_j \leq 60 \\ -10,000 & \text{om } j \text{ använder gas} \\ \sum_{\tau=0}^2 \frac{1}{(1+r)^\tau} (360 + 250 \times d + 82 \times (e_j - 95)) & \text{om } 95 < e_j \leq 140 \\ \sum_{\tau=0}^2 \frac{1}{(1+r)^\tau} (360 + (250 + 13,52 \times e_j) \times d + 82 \times 45 + 107 \times (e_j - 140)) & \text{om } e_j > 140 \\ 0 & \text{annars,} \end{cases}$$

där e_j är CO₂-utsläppen (g/km) för bil j , r är en diskonteringsränta som antas vara fixerad, och d är en indikator för dieselbränsle. Bonusbeloppet får inte överstiga 25 procent av nybilens pris. Marknadsandelen för bil j under policyn är

$$s_j = \sum_m \varphi_m \left[\frac{\exp(\tilde{\delta}_j + \tilde{\mu}_{ij})}{1 + \sum_{k=1}^J \exp(\tilde{\delta}_k + \tilde{\mu}_{ik})} \right] \quad (10)$$

där $\tilde{\delta}_j = x_j \beta - \alpha(\tilde{p}_j + \lambda_j) + \xi_j$ och $\tilde{\mu}_{ij} = \{x_j, \tilde{p}_j + \lambda_j\}(\Pi D_j + \Sigma v_j)$ är medelvärde respektive avvikelserna för nyttan från j .

På utbudssidan reagerar biltillverkarna på policyn genom att justera priserna på sin portfölj av bilar för att maximera sin vinst, som, för en generisk firma f , ges av

$$\tilde{\pi}_f = \sum_{j \in \mathfrak{I}_f} \sum_m n_m s_{mj} (\tilde{\mathbf{p}} + \boldsymbol{\lambda}) \times (\tilde{p}_j - c_j), \quad (11)$$

Optimala priser erhålls genom att lösa följande första ordningens villkor

$$\sum_m \varphi_m \left(\tilde{s}_{mj}(\tilde{\mathbf{p}}) + \sum_{k \in \mathfrak{I}} (\tilde{p}_k - \lambda_k - c_k) \frac{\partial \tilde{s}_{mk}(\tilde{\mathbf{p}})}{\partial \tilde{p}_j} \right) = 0, \forall j \in \mathfrak{I}, \quad (12)$$

där

$$\tilde{p}_j = \tilde{p}_j + \lambda_j$$

är priset för j netto av bonus eller malus och de marginala kostnaderna c_k estimeras i ekv. (8). Vi använder estimaten av efterfråge- och utbudsmoellparametrar för att beräkna marknadsandelar med och utan bonus-malus och utvärdera policyeffekten. Beräknade marknadsandelar används för att utvärdera förändringar i försäljning och genomsnittliga CO₂-utsläpp för nya privatägda fordon som ett resultat av policyn.

A4. Använda instrument

Alla instrument för fordonpris som används för ett givet fordon och tillverkare använder förstås denna produkts egna icke-prisattribut (storlek, effekt-till-vikt-förhållande och kostnad) som antas vara exogena. Dessutom används någon kombination av attribut för andra bilar av samma märke, andra märkens jämförbara bilar, och andra märkens alla andra bilar.

Fyra typer av instrument som föreslagits i litteraturen har konstruerats och testats. Alla fyra versioner av prisinstrument skapas för varje marknad (dvs. registreringsår).

Den första uppsättningen av prisinstrument inkluderar så kallade BLP-instrument. Dessa instrument inkluderar summan av värden för icke-prisexogena attribut över andra fordon av samma tillverkare och fordon av konkurrerande tillverkare. För varje attribut av ett fordon tar vi summan av värden för motsvarande attribut för andra fordon av tillverkaren samt summan av värden för motsvarande attribut för fordon av andra tillverkare. Den andra uppsättningen instrument liknar BLP-instrument, fast med konkurrensen mot andra tillverkare begränsad till endast tillverkare av fordon som tillhör samma marknadssegment. Mer specifikt inkluderar dessa instrument summan av värden för exogena attribut för fordon av olika marknadssegment av samma tillverkare och summan av värden för exogena attribut för fordon av samma marknadssegment av konkurrerande tillverkare.

Slutligen testade vi så kallade differentieringsinstrument, både kvadratiska och lokala. Ett lokalt differentieringsinstrument för ett attribut skapas som antalet fordonstyper (av tillverkaren om det är eget och av konkurrerande tillverkare om det är konkurrent) som ligger inom en standardavvikelse från attributvärdet (över alla marknader). Ett kvadratisk differentieringsinstrument, ett mer kontinuerligt mått, för ett attribut skapas som summan av skillnader – i kvadrat – mellan ett fordon's attributvärde och värdena för samma attribut för fordon av (om eget) samma tillverkare och fordon av (om konkurrent) konkurrerande tillverkare. Detta är vad vi kallar vår "föredragna" uppsättning instrument. Vi beräknar också ett BJK-stil instrument med endast längd och bredd för alla bilar av samma tillverkare.

När det gäller enheter noterar vi att storleksvariabeln definieras som produkten av höjd och längd av fordonen (uttryckt i 10 meter kvadrat), medan fordonspriser (justerade till 2019 års prisnivåer) uttrycks i 100 000 SEK. Slutligen mäts kostnaden för att köra 100 km i SEK.

Acknowledgements

We thank the project reference group, and especially Mikael Lindberg from Trafik-
analys, for their invaluable input during the project. We also thank followers from
the Swedish EPA, and participants at the Swedish Transport Economics forum, for
helpful comments and suggestions with regard to our work. Special thanks are due
Fredrik Andersson and Mats Björnell for their insightful comments on an earlier
draft of this report. Any errors or inaccuracies are naturally our own.

6. Källhänvisning

Abe, T. (2022). Welfare effects of fuel tax and feebate policies in the Japanese new car market. ISER Discussion Paper, The Institute of Social and Economic Research, Osaka University. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/267795/1/1813312885.pdf>

Adamou, A., Clerides, S., and Zachariadis, T. (2014). Welfare implications of car feebates: A simulation analysis. *The Economic Journal*, 124(578):F420–F443.

Archsmith, J., Gillingham, K. T., Knittel, C. R., and Rapson, D. S. (2020). Attribute substitution in household vehicle portfolios. *The RAND Journal of Economics*, 51(4):1162–1196.

Bansal, P. and Dua, R. (2022). Fuel consumption elasticities, rebound effect and feebate effectiveness in the Indian and Chinese new car markets. *Energy Economics*, 113:106192.

Bento, A. M., Goulder, L. H., Jacobsen, M. R., and Von Haefen, R. H. (2009). Distributional and efficiency impacts of increased US gasoline taxes. *American Economic Review*, 99(3):667–699.

Chugh, R. and Cropper, M. (2017). The welfare effects of fuel conservation policies in a dual-fuel car market: Evidence from India. *Journal of Environmental Economics and Management*, 86:244–261.

Davis, L. W. (2023). Electric vehicles in multi-vehicle households. *Applied Economics Letters*, 30(14):1909–1912.

d’Haultfoeuille, X., Givord, P., and Boutin, X. (2014). The environmental effect of green taxation: the case of the French bonus/malus. *The Economic Journal*, 124(578):F444–F480.

Durrmeyer, I. (2022). Winners and losers: The distributional effects of the French feebate on the automobile market. *The Economic Journal*, 132(644):1414–1448.

Fevang, E., Figenbaum, E., Fridstrøm, L., Halse, A. H., Hauge, K. E., Johansen, B. G., and Raaum, O. (2021). Who goes electric? The anatomy of electric car ownership in Norway. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 92:102727.

Johansen, B. G. and Munk-Nielsen, A. (2022). Portfolio complementarities and electric vehicle adoption. Technical report, Working Paper.

Johnson, K. C. (2006). Feebates: An effective regulatory instrument for cost-constrained environmental policy. *Energy Policy* 34(18):3965–3976.

Konishi, Y. and Zhao, M. (2017). Can green car taxes restore efficiency? Evidence from the Japanese new car market. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 4(1):51–87.

Krishnamurthy, C., Daniel, A. M., and Hart, R. (Forthcoming 2025a). The efficacy of feebate policies in reducing carbon emissions: Evidence from the Swedish feebate program. Working paper, Department of Economics, SLU.

- Krishnamurthy, C., Soborowicz, L., and Hart, R. (Forthcoming, 2025b). Vehicle usage and feebate policies: Evidence from the Swedish bonus–malus. Working paper, Department of Economics, SLU.
- Kristoffersson, I., Pyddoke, R., Kristoffersson, F., and Algers, S. (2025). Access to charging infrastructure and the propensity to buy an electric car. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 139:104588.
- Leard, B., Linn, J., and Springel, K. (2023). Vehicle attribute tradeoffs and the distributional effects of US fuel economy and greenhouse gas emissions standards. Working Paper, Resources for the Future.
- Linn, J. (2022). Is there a trade-off between equity and effectiveness for electric vehicle subsidies? Resources for the Future.
- Muehlegger, E. and Rapson, D. S. (2022). Subsidizing low-and middle-income adoption of electric vehicles: Quasi-experimental evidence from California. *Journal of Public Economics*, 216:104752.
- Plötz, P., Link, S., Ringelschwendner, H., Keller, M., Moll, C., Bieker, G., Dornoff, J., and Mock, P. (2022). Real-world usage of plug-in hybrid vehicles in Europe.
- Reynaert, M. (2021). Abatement strategies and the cost of environmental regulation: Emission standards on the European car market. *The Review of Economic Studies*, 88(1):454–488.
- Springel, K. (2021). Network externality and subsidy structure in two-sided markets: Evidence from electric vehicle incentives. *American Economic Journal: Economic Policy*, 13(4):393–432.
- Tebbe, S. (2024). Peer effects in electric car adoption: Evidence from Sweden. Working paper, unpublished.
- US EPA (2016). Midterm Evaluation of Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards for Model Years 2022–2025. Draft Technical Assessment Report, US EPA, US DoT, and California Air Resources Board. <https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.gov/files/draft-tar-final.pdf>

Publikationer

Hittills består den vetenskapliga produktionen från projektet av två utkast till ”Working Papers”.

1. Krishnamurthy, C., Daniel, A. M., and Hart, R. (Forthcoming 2025a). The efficacy of feebate policies in reducing carbon emissions: Evidence from the Swedish feebate program. Working paper, Department of Economics, SLU.
2. Krishnamurthy, C., Soborowicz, L., and Hart, R. (Forthcoming, 2025b). Vehicle usage and feebate policies: Evidence from the Swedish bonus–malus. Working paper, Department of Economics, SLU.

Dessa kommer att publiceras under 2025, och även två artiklar som bygger på dessa kommer att skickas till vetenskapliga tidskrifter under 2025.

Rapporten uttrycker nödvändigtvis inte Naturvårdsverkets ställningstagande. Författaren svarar själv för innehållet och anges vid referens till rapporten.

Utvärdering av den svenska bonus–malus-politiken

Rapporten presenterar utvärdering av de kortsiktiga effekterna av bonus–malus-systemet för nya bilköp. Systemet innebär att det tas ut en avgift (malus) eller ges ett bidrag (bonus) baserat på utsläppsintensitet, och är en viktig del av Sveriges ansträngningar för att nå en koldioxidfri framtid. Det ersatte den tidigare supermiljöbilspremien som byggde enbart på bidrag.

Resultaten visar en markant minskning i dieselbilars marknadsandel, till förmån för exempelvis elbilar, sedan bonus–malus-systemet infördes. Dock visar analysen att större delen av denna minskning berodde på andra faktorer än policyförändringen.

Policyns viktigaste effekt verkar i stället ha varit avgiftens negativa inverkan på försäljning av nya fossildrivna bilar. Vi visar även att elektriska fordon används på ett liknande sätt som bensin- och dieselbilar, det vill säga att elbilar köps inte enbart på grund av incitamenten för att sedan stå oanvända. Dock finns en risk att policyn, genom att uppmuntra köp av renare nya bilar, kan leda till en förlängd livslängd för de mest förorenande fordonen.