

Sammendrag

Eksperimentell testing av ladbare hybridbiler

Virkninger på CO₂-utslipp, energiforbruk og luftforurensing

TØI rapport 1539/2016
Forfattere: Erik Figenbaum, Christian Weber
Oslo 2017 36 sider Engelsk

Energiforbruket, CO₂-utslippet og utslippet av luft-forurensende avgasser fra to ladbare hybridbiler ble, på oppdrag fra EMIROAD testprogrammet, målt i VTT's avgasslaboratorium i Finland, ved +23°C og -7°C, og i ulike kjøremønstre og sjåførvalgte driftsmoduser. Sammen med brukermønstre framskaffet i en spørreundersøkelse blant eiere av ladbare hybridbiler fra mars 2016, kan disse måleresultatene anvendes til å estimere miljøeffektene av å anvende disse bilene i norsk trafikk. Den overordnede konklusjonen er at disse bilene gir substansielle miljøfordeler sammenlignet med bensin- og dieslbiler. CO₂-utslippet reduseres med 30-50% avhengig av bilens konfigurasjon, mens lokal luftkvalitet ikke ser ut til å være en utfordring med disse bilene sammenlignet med bensin- og dieslbiler. De slipper imidlertid ut betydelig mer CO₂ og bruker mer energi enn det som står i typegodkjenningen. Avviket er betydelig større enn for bensin- og dieslbiler og det er urealistisk å tro at typegodkjenningsverdiene skal kunne oppnås av vanlige brukere. Noen spesielle bruksmønstre, f.eks. kjøring i kaldt klima med tung belastning og tomt batteri kan føre til høyere utslipp av lokalt forurensende avgasser enn typegodkjenningsverdiene og til dels også grenseverdiene i avgassbestemmelsene.

Bakgrunn, metode og analytisk rammeverk

Hybridbiler bruker et batteri og en elektrisk motor/generator til å ta vare på bremseenergien. Når bilen bremses fungerer elmotoren som en generator som dermed bremses bilen og lader batteriet. Denne energien kan tas ut igjen av batteriet ved at elmotoren bidrar som en hjelpemotor til bensinmotoren når bilen akselerer. På den måten kan bensinmotoren operere mer energieffektivt og drivstofforbruket og CO₂-utslippet reduseres. Batteriet i hybridbiler kan ikke lades opp fra strømmettet.

Ladbare hybridbiler kan lades fra strømmettet og kjøre mer eller mindre elektrisk i 20-80 km avhengig av hvor stort batteriet er og hvordan bilen er konfigurert. På lengre kjøreturer og ved kraftige akselerasjoner startes bensinmotoren og sørger for framdrift av bilen med assistanse fra elmotoren.

Det doble drivsystemet og tilgangen til to energikilder gjør at ladbare hybridbiler gir brukerne fleksibilitet, noe som forsterkes av at brukeren kan velge ulike kjøremønstre der elmotoren og bensinmotoren anvendes i større og mindre grad. Bruksmønsteret og energiforbruket for disse bilene kan dermed få en mye større spredning enn for bensin- og dieslbiler, og resultere i svært varierte utslipp.

Det er lite kunnskap om ladbare hybridbilers reelle energiforbruk, utslipp og bruksmønstre i norske trafikk- og klimaforhold. EMIROAD prosjektet hadde som mål å fylle kunnskapsgapet gjennom to delprosjekter:

1. Målinger utført i laboratorier for å vurdere to ladbare hybridbilers energiforbruk og utslipp, gjennom å simulere kjøring i virkelig trafikk og i kaldt og varmt klima.

2. Spørreundersøkelse blant eiere av ladbare hybridbiler (og elbiler og bensin- og dieslbiler) ble spurt om bruksmønstre og lademønstre for å se hva som er typiske brukerprofiler.

Ved å kombinere disse resultatene kan en estimere den gjennomsnittlige reduksjonen av utslipp og energiforbruk ved å erstatte bensin- og dieslbiler med ladbare hybridbiler.

Målinger og spørreundersøkelse

Bil A var en kompaktbil med el-rekkevidde på 50 km, CO₂-utslipp på 37 g/km og ett energiforbruk på 117 Wh/km strøm og 0,16 liter bensin/mil. Bil B var en mellomklasse bil med el-rekkevidde på 31 km og ett CO₂-utslipp på 48 g/km, og et energiforbruk på 110 Wh/km strøm og 0,21 liter bensin/mil. Disse tallene er i henhold til den offisielle typegodkjenningen. Testprogrammet var satt opp for å undersøke hvor stort avviket fra typegodkjenningen er i virkelig trafikk. I disse bilene kan brukerne velge ulike kjøremoduser som gir ulik fordeling av bruken av el- og bensinmotoren.

De to ladbare hybridbilene ble derfor testet ekstensivt i avgasslaboratoriet ved å kjøre ulike kombinasjoner av kjøreforhold (kald- og varmstart ved +23°C og -7°C), batteritilstand (fullt ladet og helt utladet) og brukervalgte kjøremoduser i NEDC, Artemis Urban og Helsinki-city test sykluser («snille» og «aggressive» kjøremønstre).

Målinger av gravimetrisk (masse) utslipp av karbondioksid (CO₂), nitrose gasser (NO_x), karbonmonoksid (CO), hydrokarboner (HC), partikler (PM) og antall partikler (PN), samt strømforbruk fra kraftnettet til opplading av bilens batterier, ble foretatt.

Spørreundersøkelsen av 2065 private eiere av ladbare hybridbiler ble gjennomført i mars 2016 og er dokumentert i Figenbaum og Kolbenstvedt (2016). Metodene brukt i den undersøkelsen er derfor ikke repetert her.

Resultater

Målingene var repeterbare. For Bil A varierte CO₂-utslippet og drivstofforbruket innenfor 10% og elforbruket med 4% ved testing i identiske tester over flere gjentatte kjøresykluser. Bil A hadde ikke en rent elektrisk kjøremodus i og med at forbrenningsmotoren startet tidvis. I hybrid modus kunne bilen kjøres delvis rent elektrisk men bensinmotoren ble startet og anvendt til framdrift av bilen under krevende kjøreforhold og lave temperaturer og når batteriet var tomt. Typegodkjenningsverdien for CO₂ er svært optimistisk for denne bilen og kan bare være oppnåelig med et optimalt kjøremønster der mesteparten av kjøringen foregår i E-modus. Noen brukermønstre kan under fordelaktige kjøreforhold og med fulladet batteri gi CO₂-utslipp som er 70% lavere enn for en sammenlignbar dieselvesjon av bilen. Over ett gjennomsnittså med kjøring vil fordelingen være mindre.

I spørreundersøkelsen blant private eiere av ladbare hybridbiler fremkom det at bilene i hovedsak lades hjemme hver natt og i liten grad andre steder. Den gjennomsnittlige årlige kjørelengden for disse bileierne var ca. 15000-16000 km. Ut fra disse resultatene og måleresultatene kan en estimere at for ett år kan CO₂-utslippet for denne bilen være ca. 46% lavere enn for en tilsvarende diesebil. Det gjennomsnittlige årlige utslippet av NO_x og partikler vil trolig være under typegodkjenningsverdiene men i noen spesifikke bruksmønstre, som ved kjøring i kaldt klima med tomt batteri, kan utslippet være høyere.

Bil B fungerte svært ulikt fra Bil A. Den var fullt ut kapabel til å kjøre 100% på elmotoren både i kaldt- og varmt klima. I kaldt klima var imidlertid rekkevidden kort, så turer lenger enn 10-15 km vil sannsynligvis innebære at forbrenningsmotoren må bidra til framdrift av bilen. Denne bilen var tydeligvis programmert til å kjøre mest mulig rent elektrisk også i hybrid modus når kjøreforholdene gjør det mulig. Ved mer «aggressiv» kjøring med tomt batteri og i kaldt klima kunne enkelte av de lokale utslippskomponentene ligge over typegodkjenningsverdiene. CO₂-utslippet vil under slike forhold ligge langt over typegodkjenningsverdien.

Det årlige gjennomsnittlige CO₂-utslippet fra bilen ble estimert ut fra data fra spørreundersøkelsen og laboratorietestene til å være 27% mindre enn fra en 1,6 liters bensinmotorversjon av samme bil og 36% mindre enn en 2,2 liter dieselmotorversjon som også har blitt testet av EMIROAD programmet når årlig kjørelengde er 16000 km.

CO₂-utslippet fra disse ladbare hybridbilene varierer betydelig mer mellom kjøresykluser, temperaturer og bruksmønstre enn det gjøre for bensin- og dieselmotorversjonene. Derfor vil en få en stor spredning i hvor store CO₂-utslippsreduksjoner som kan oppnås med disse bilene.

Konklusjon

Resultatene fra testing av de to ladbare hybridbilene demonstrerer at dette er en teknologi som gir en uensartet biltype. Mengden CO₂ og lokal luftforurensing som disse bilene slipper ut vil avhenge av hvordan de er konstruert men også i mye større grad av hvor, hvordan og når de benyttes enn det som er tilfelle for bensin- og dieselmotorbiler. Dette er biler med høy total motorytelse og en bør derfor sammenligne med bensin- og dieselmotorbiler med mest mulig tilsvarende ytelse for å få et riktig bilde av miljøegenskapene.

CO₂-reduksjonen som oppnås relativt til sammenlignbare bensin- og dieselmotorbiler er proporsjonal med rekkevidden. 50 km rekkevidde gir om lag 50% reduksjon, og 31 km gir om lag 30% reduksjon. Utslippene er imidlertid omtrent 2,5 ganger høyere enn typegodkjenningsverdien for ett mulig gjennomsnittlig bruksmønster over ett år. Avviket er om lag 1,4 ganger for vanlige 2015 årsmodell bensin- og dieselmotorbiler i henhold til Tietge et al (2016). Enkelte kjøreforhold kan gi økte utslipp av lokal forurensende avgasser, men gjennomsnittlig kjøring i ulike driftsmoduser over ett år leder til gjennomsnittsutslipp under utslippsgrensene.

Bruksmønsteret må passe til bilenes egenskaper for å kunne oppnå maksimale fordeler i form av redusert CO₂-utslipp og lokal luftforurensing.