



ALWAYS A
BETTER WAY

Persdossier Mirai

Inhoud

1	Boodschap van de hoofdingenieur	2
2	Toyota: Pionier inzake ecologische duurzaamheid	3
3	Toyota introduceert de eerste brandstofcelwagen: de Mirai	5
4	Waterstof onder de microscoop	6
5	De Mirai: de ultieme eco-auto, innovatief, praktisch en gebruiksvriendelijk	8
6	De Mirai van dichtbij bekeken	9
6.1	Het ultieme rijplezier en comfort.....	9
6.2	De ervaring van een eco-auto in een praktisch pakket	11
6.3	Geavanceerd exterieurdesign.....	12
6.4	Stijlvol interieurdesign	14
6.5	Uitmuntende koudstartprestaties	16
6.6	Actieve veiligheid, passieve veiligheid en comfortvoorzieningen.....	17
7	Werking van het toonaangevende TFCS-systeem	20
8	Veiligheid: De auto, het tankproces en het gas	21
9	Milieuoverwegingen: Van productie tot afvalverwerking	24

1 Boodschap van de hoofdingenieur

Terwijl de wereld nu pas begint na te denken over de creatie van een maatschappij op waterstofenergie, waagde Toyota zich reeds in 1992 aan de brandstofceltechnologie. De kerntechnologieën daarvoor – de brandstofcelstack en de waterstoftanks – werden onafhankelijk van elkaar ontwikkeld en die ontwikkelings- en productietechnologieën zijn in de loop der jaren uitgegroeid tot grote troeven voor Toyota. Na twintig jaar van ontwikkelingswerk verenigden we de noodzakelijke technologieën in de Mirai, die onlangs werd gelanceerd.

Als hoofdingenieur koos ik de conceptslagzin 'H2 Pioneer for the Next Century' toen we de FCV ontwikkelden. Toyota kijkt resoluut naar auto's voor de volgende eeuw en ontwikkelde een wagen die een unieke meerwaarde biedt, een hypergeavanceerde wagen die de aanzet geeft voor een maatschappij op waterstof. Behalve zijn superieure brandstofceltechnologie en milieuprestaties biedt de Mirai ook heel wat rijplezier, een futuristisch design dat hem duidelijk onderscheidt als waterstofauto en een stil en aangenaam rijcomfort. Kortom, een auto waar klanten niet genoeg van zullen krijgen.

Om ervoor te zorgen dat milieutechnologie daadwerkelijk bijdraagt tot het milieu, moet de technologie in kwestie ook op grote schaal verspreid worden. Toyota nam op dat vlak reeds het voortouw door de wereld te veroveren met zijn ongeëvenaarde hybridevoertuigen. Met deze nieuwe wagen lanceren we een nog grotere innovatie dan met de eerste PRIUS-generatie. We moeten dan ook alles in het werk stellen om ook deze auto en de bijhorende brandstofceltechnologie te populariseren.

De grootschalige infrastructuuraanpassingen die brandstofcelwagens vereisen, zullen wellicht 10 tot 20 jaar tijd vergen, mogelijk zelfs langer. Het is zonder twijfel een lange en allesbehalve eenvoudige weg. Het is echter ook de enige weg als we onze toekomst veilig willen stellen.

Yoshikazu Tanaka

Ging in 1987 aan de slag bij Toyota Motor Corporation. Leidde eerst de ontwikkeling van automatische transmissies en aandrijfsystemen. Stapte over naar de afdeling Productplanning in 2006. Leidde sindsdien als ontwikkelingsmanager de productontwikkeling van de Prius PHV en de Mirai.

2 Toyota: Pionier inzake ecologische duurzaamheid

- **De huidige milieu-uitdagingen en de respons van Toyota**
- **Hoe kan een brandstofcelvoertuig bijdragen tot het milieu?**
- **Brandstofcelwagens populariseren om te evolueren naar een maatschappij op waterstofenergie**

De huidige milieu-uitdagingen en de respons van Toyota

Deskundigen schatten dat de wereldbevolking tegen 2050 zal aangroeien tot 9,6 miljard mensen. Dat zal de productie van voertuigen ongetwijfeld verhogen, met een nog hoger verbruik van fossiele brandstoffen als gevolg. Dat zal op zijn beurt problemen zoals **klimaatverandering, de opwarming van de aarde en luchtvervuiling** in de hand werken.

Er worden twee strategieën gebruikt om milieuproblemen als gevolg van het massale gebruik van fossiele brandstoffen het hoofd te bieden.

De eerste bestaat erin om **minder aardolie te verbruiken**. Door gebruik te maken van zuinige motoren met een hoog thermisch rendement en tal van geavanceerde technologieën geven hybridewagens als geen ander aan hoe men minder aardolie kan verbruiken.

De tweede strategie bestaat in het **diversifiëren van de energiebronnen**.

Energiediversificatie is een erg breed concept en Toyota werkt al decennialang aan de diversificatie van autobrandstoffen en aandrijfsystemen. Elke alternatieve brandstof heeft zijn specifieke eigenschappen en Toyota is er zeker van dat **waterstof** een van de meest veelbelovende technologieën voor een schone toekomst is. Waterstof is een milieuvriendelijke energievectoren die op verschillende manieren kan worden geproduceerd, onder meer met zonne- en windenergie maar ook met biobrandstoffen en aardgas. De onderneming investeert dan ook zwaar in **brandstofcelvoertuigen op waterstof**.

Hoe kan een brandstofcelvoertuig bijdragen tot het milieu?

Een brandstofcelwagen rijdt op waterstof in plaats van benzine of diesel. Zijn motor draait meer bepaald op elektriciteit die wordt opgewekt door een chemische reactie tussen waterstof en zuurstof in een brandstofcel. Het enige nevenproduct van een rijdende brandstofcelwagen is waterdamp. Er worden geen schadelijke emissies uitgestoten zoals CO₂ (een belangrijke oorzaak voor de opwarming van de aarde), SO₂ en NO_x (oorzaken van luchtvervuiling). Bovendien rijden brandstofcelwagens niet alleen emissievrij, maar zijn ze ook bijzonder praktisch. Ze hebben een royaal rijbereik en kunnen erg snel worden bijgetankt.

Die combinatie van nuluitstoot en functionaliteit is de reden waarom Toyota brandstofcelwagens als de ideale eco-auto's positioneert.

Brandstofcelwagens populariseren om te evolueren naar een maatschappij op waterstofenergie

Brandstofcelwagens (FCV) tonen zich bijzonder energiezuinig, hebben een groot rijbereik, laten zich snel bijtanken en stoten enkel waterdamp uit tijdens het rijden. Een veelbelovende milieutechnologie dus, die met recht en reden de 'ideale eco-auto' mag worden genoemd. Tegelijk vereisen FCV's echter een bijzondere infrastructuur, in de vorm van waterstoftankstations. Vanaf 2015 zullen deze stations wereldwijd worden uitgebouwd. De mate waarin dat gebeurt, zal bepalend zijn voor het toekomstige succes van waterstofauto's.

Toyota werkt al drie decennia lang aan de ontwikkeling van FCV's. Terwijl de wereld nu pas begint na te denken over de creatie van een maatschappij op waterstofenergie, waagde Toyota zich reeds in 1992 aan de brandstofceltechnologie. De kerntechnologieën daarvoor – de brandstofcelstack en de waterstoftanks – werden onafhankelijk van elkaar ontwikkeld en die ontwikkelings- en productietechnologieën zijn in de loop der jaren uitgegroeid tot grote troeven voor Toyota. Na de ontwikkeling en perfectionering van de noodzakelijke technologieën is Toyota nu klaar om zijn eerste brandstofcelwagen op de markt te brengen. Die wagen kreeg de naam Mirai, het Japanse woord voor 'toekomst'.

3 Toyota introduceert de eerste brandstofcelwagen: de Mirai

- **Toyota lanceert een nog grotere innovatie dan met de eerste Prius-generatie**

De Mirai staat centraal in Toyota's filosofie rond duurzame mobiliteit. Met deze auto kunnen we ons vrij verplaatsen, comfortabel, veilig en op een milieuvriendelijke en duurzame manier.

Toyota kijkt resoluut naar auto's voor de volgende eeuw en ontwikkelde een wagen die een unieke meerwaarde biedt. De Mirai is een hypergeavanceerde wagen die zal bijdragen tot een maatschappij op waterstof. Behalve zijn superieure brandstofceltechnologie en milieuprestaties biedt de Mirai ook heel wat rijplezier, een futuristisch design dat hem duidelijk onderscheidt als waterstofauto en een stil en aangenaam rijcomfort.

Om ervoor te zorgen dat groene technologie daadwerkelijk bijdraagt tot het milieu, moet de technologie in kwestie ook op grote schaal verspreid worden. Toyota nam op dat vlak reeds het voortouw door de wereld te veroveren met zijn hybridewagens (HV). Met de Mirai brengt Toyota een **nog grotere innovatie op de markt dan de eerste Prius-generatie** en zal het merk alles in het werk stellen om de Mirai en de bijhorende brandstofceltechnologie te populariseren.

Wat het koperspubliek betreft, richt de Mirai zich in de eerste plaats tot bedrijfsleiders die persoonlijk een energierevolutie willen starten om de wereld te veranderen. Pioniers met andere woorden, die een revolutie willen creëren die de volgende eeuw mee zal bepalen. Dat kunnen individuen zijn die veel belang hechten aan milieuprestaties en die de noodzaak van waterstofwagens begrijpen, maar ook vernieuwers die bewondering hebben voor geavanceerde technologie en originaliteit, en natuurlijk autoliefhebbers.

Organisaties die waarschijnlijk interesse zullen hebben in de Mirai, zijn onder meer openbare bedrijven die hun steentje willen bijdragen tot het milieu, maar ook overheidsagentschappen en lokale overheden die koolstofarme technologie willen promoten.

4 Waterstof onder de microscoop

- **Milieuvriendelijke energiebron**
- **Waterstoftankstations noodzakelijk**
- **Een veilige autobrandstof**
- **Werken naar een waterstofmaatschappij**

- Het lichtste gas op aarde. Kleurloos, geurloos en niet giftig
- Bij de opwekking van elektriciteit reageert waterstof met zuurstof en ontstaat er water. Van CO₂-emissies is geen sprake.
- In tegenstelling tot CO₂ absorbeert waterstof geen infraroodstraling, waardoor het ook geen impact heeft op de opwarming van de aarde.
- Wordt vloeibaar bij ongeveer -253 °C

Milieuvriendelijke energiedrager

De waterstof die de Mirai aandrijft, kan worden aangemaakt met behulp van de meest uiteenlopende natuurlijke grondstoffen en nevenproducten van menselijke activiteiten zoals rioolspcie. Het kan ook worden gewonnen uit water met behulp van natuurlijke, hernieuwbare energiebronnen zoals zonne- en windenergie. Wanneer waterstof wordt samengeperst, heeft het een grotere energiedichtheid dan batterijen en is het relatief eenvoudig op te slaan en te transporteren. Daardoor kan het in de toekomst ook worden gebruikt om stroom op te wekken en voor tal van andere toepassingen. FCV's kunnen zelf elektriciteit opwekken uit waterstof, waardoor ze een maatschappij op basis van waterstof in de toekomst mogelijk kunnen maken. Ze zullen dan ook bijdragen tot de verdere versnelling van de energiediversificatie.

De behoefte aan waterstoftankstations

Het spreekt voor zich dat er een tankinfrastructuur nodig is. Die zal er komen in de vorm van waterstoftankstations, op maat gebouwde faciliteiten om brandstofcelwagens van waterstof te voorzien. Waterstofstations kunnen stationair of mobiel zijn. Stationaire waterstofstations kunnen on-site of off-site staan. Bij het on-site type wordt de grondstof (kerosine, lpg, aardgas, biogas, enz.) in het waterstofstation gebruikt om waterstof aan te maken. Het station kan echter ook een elektrolyser gebruiken die wordt gevoed door wind- of zonne-energie. Met het off-site waterstofstation wordt waterstof geproduceerd in een fabriek en vervolgens vervoerd naar het station, zoals dat vandaag ook gebeurt met brandstoffen die van raffinaderijen naar pompstations worden gebracht.

Een echt veilige autobrandstof

Waterstof is even veilig als andere autobrandstoffen. Het wordt al decennialang gebruikt als energiedrager en dankzij de enorme knowhow en ervaring van zowel Toyota als andere ondernemingen kan het veilig worden behandeld. De veiligheidsaspecten worden besproken in hoofdstuk 6.

Werken naar een waterstofmaatschappij

De termen 'waterstofmaatschappij' en 'waterstofeconomie' verwijzen naar de visie om waterstof te gebruiken als een koolstofvrije en efficiënte energiebron die de klassieke fossiele brandstoffen kan vervangen. Waterstof is aantrekkelijk omdat men het kan opslaan, vervoeren en omzetten in energie (water en warmte), met water als enige emissie.

Waterstof komt als dusdanig echter niet voor op Aarde. Het moet worden geproduceerd op basis van samenstellingen zoals water, aardgas of biomassa, processen die uiteraard energie vergen voor de omzetting in zuivere waterstof. Om die reden is het accurater om waterstof niet als een 'energiebron' maar als een 'energiedrager' of opslagmedium te zien. De ecologische impact van waterstof hangt dan ook af van de koolstofvoetafdruk van de productie.

Een van de meest nuttige manieren om waterstof te gebruiken, is in elektrische wagens en bussen dankzij een brandstofcel die waterstof en lucht omzet in elektriciteit. Waterstof kan ook nuttig zijn om hernieuwbare energie uit variabele energiebronnen op te slaan, denk maar aan momenten dat de wind waait terwijl de vraag naar elektriciteit beperkt is. In die context is waterstof een uitstekend alternatief voor grootschalige batterijen of andere opslagsystemen, zeker nu het aandeel aan variabele energiebronnen in de Europese stroomnetwerken toeneemt. Momenteel bewijst Hamburg dat de waterstofopslag van energieoverschotten ('power-to-gas') een intelligente keuze is door middel van het project 'Power to gas for Hamburg'*. Daarnaast kan waterstof worden gebruikt als verwarmingsbrandstof voor onze huizen en gebouwen, al dan niet gemengd met aardgas.

Dankzij die flexibiliteit biedt waterstof een groot potentieel als brandstof voor toekomstige koolstofarme energiesystemen. Het kan worden geproduceerd op basis van talloze grondstoffen en kan worden gebruikt in diverse toepassingen. Bovendien wordt waterstof reeds op grote schaal gebruikt in de chemische sector, waardoor de industrie al vertrouwd is met de grootschalige productie, behandeling en distributie ervan. Om al die redenen beschouwen deskundigen waterstof als een belangrijke sleutel tot een erg goedkoop en koolstofarm energiesysteem.

*<http://www.hysolutions-hamburg.de/en/projects/all-projects/>

5 De Mirai: de ultieme eco-auto, innovatief, praktisch en gebruiksvriendelijk

- **Een up-to-date eco-auto met hoge meerwaarde**
- **Een brandstofcelwagen (FCV) met het Toyota Fuel Cell System (TFCS)**
- **Energiezuiniger dan interne-verbrandingsmotoren**
- **Royal rijbereik en korte tanktijd**
- **Waterdamp als enige uitstoot**
- **Innovatief design**
- **Boordevol veiligheidsvoorzieningen**

De Mirai werpt zich op als de meest **up-to-date eco-auto met hoge meerwaarde** ter wereld op dit moment. Hij is totaal vrij van ongemakken. Hij toont zich even gebruiksvriendelijk als de klassieke benzine- en dieselwagens. Zijn rijbereik is vergelijkbaar met dat van benzinewagens en bijtanken duurt slechts drie tot vijf minuten.

De Mirai biedt de uitzonderlijke waarde die bestuurders van een toekomstgerichte auto verwachten: een opvallend koetswerkdesign, uitmuntende acceleraties en een ongeëvenaarde bedrijfsstilte bij alle snelheden dankzij de elektrische aandrijving. En dan hebben we het nog niet over het hoogstaande rijplezier dat hij put uit zijn lage zwaartepunt en onverstoorbare stabiliteit.

De nieuwe Toyota Mirai luidt een nieuw tijdperk in voor de auto. Het is een **brandstofcelwagen (FCV)**. Een FCV is een auto die waterstof en zuurstof laat reageren in zijn brandstofcelstack (FC-stack) om zo elektriciteit te produceren die vervolgens de elektromotor aandrijft om de wagen voort te bewegen. Door elektriciteit op te wekken met behulp van waterstof – een belangrijke energiebron voor de toekomst – garandeert de Mirai superieure milieuprestaties zonder daarbij te raken aan het gebruiksgemak en het rijplezier dat klanten van hun wagen verwachten.

De Mirai gebruikt **Toyota's brandstofcelsysteem TFCS** (Toyota Fuel Cell System) dat brandstofceltechnologie combineert met hybridetechnologie. De wagen krijgt eveneens de nieuwe, intern ontwikkelde brandstofcelstack en waterstoftanks onder hoge druk mee.

De brandstofcelstack is in feite een kleine elektriciteitscentrale. Het systeem verschilt van klassieke droge cellen doordat het elektriciteit genereert door de chemische reactie tussen waterstof en zuurstof. Zo kan hij zonder vermogensverlies elektriciteit blijven produceren zolang er continu zuurstof en waterstof worden aangeleverd. De brandstofcelstack heeft dezelfde rol als de verbrandingsmotor in een hybridewagen. Zowel de verbrandingsmotor van hybridewagens als de FC-stack van brandstofcelwagens produceren energie op basis van 'brandstof', met dat verschil dat een brandstofcel ze niet verbrandt. De omzetting van die brandstof in energie gebeurt in een brandstofcel dubbel zo efficiënt als in een benzinemotor.

De Mirai biedt alles wat mensen van een toekomstgerichte wagen verwachten: een onmiddellijk herkenbaar en uiterst **innovatief** design, een meeslepend rijgedrag dankzij het lage zwaartepunt dat een superieure stabiliteit verzekert en fluisterstille maar krachtige acceleraties van de elektromotor. Bovendien **bulkt hij van de comfortvoorzieningen**. De Mirai is een stille auto, met erg weinig trillingen en haalt een topsnelheid van 178 km/u.

6 De Mirai van dichtbij bekeken

6.1 Het ultieme rijplezier en comfort

- **Krachtige en vloeiende acceleraties**
- **Ongeëvenaarde bedrijfsstilte**
- **Uitmuntende stabiliteit, controleerbaarheid en rijcomfort**

De Mirai vergt geen enkele toegeving op het gebied van rijplezier of comfort. Het ongeëvenaard soepele rijgevoel alsof men over de weg glijdt, gaat hand in hand met uitstekende bochtprestaties op kronkelende wegen.

Krachtige en vloeiende acceleraties

Het hoge vermogen van de FC-stack en het extra vermogen van de batterij worden door de motor omgezet in aandrijfkraft. Het maximumkoppel komt onmiddellijk vrij zodra het gaspedaal wordt ingetrapt en de krachtige en soepele acceleraties verzekeren comfortabele en lineaire rijprestaties. De superieure acceleraties vanuit stilstand stuwden de Mirai in 9,6 seconden van 0 naar 100 km/u.

Ongeëvenaarde bedrijfsstilte

Naast het feit dat de motor vrij is van trillingen en lawaai, is de uitzonderlijke stilte aan boord ook te danken aan de volledige afdichting van alle koetswerkonderdelen en het gebruik van geluidsabsorberende en geluidsisolerende materialen, die oordeelkundig werden verspreid over het hele interieur. Andere geluidsdempende maatregelen zijn:

- Het gebruik van geluidsdempend glas voor de voorruit en de zijruiten in de voor- en achterdeuren.
- Ook maakt de Mirai gebruik van optimaal geplaatste schuimisolatie in de koetswerkframes.
- Geluidsabsorberende materialen werden gebruikt rond de motorkap en voorste spatborden.
- En de optimaal geplaatste buitenspiegels en optimaal vormgegeven voorstijlen helpen windgeruis te reduceren.

Uitmuntende stabiliteit, controleerbaarheid en rijcomfort

De Mirai heeft **een laag zwaartepunt**. De brandstofcelstack, de waterstoftanks en andere onderdelen van de Power Unit worden onder de vloer van de wagen geplaatst. Het lagere zwaartepunt dat daaruit voortvloeit, vertaalt zich in een stabiel rijgedrag en een comfortabele rijervaring met minder koetswerkbewegingen.

Door de brandstofcelstack, de waterstoftank en andere onderdelen in het midden van de auto te plaatsen, verkregen de ingenieurs een **ideale gewichtsverdeling** die de Mirai het karakter van een auto met middenmotor geeft. Dat vertaalt zich in wendbare bochtprestaties en een aantrekkelijk rijgedrag dat bestuurders laat genieten van de auto zoals hij bedoeld is.

Verscheidene eigenschappen dragen bij tot het **uiterst stijve koetswerk** van de Mirai. De toegenomen stijfheid rond de ophanging draagt bij tot een uitstekende stabiliteit en controleerbaarheid. De hoge stijfheid en het lage gewicht zijn allebei te danken aan het gebruik van aluminium en ultrasterke staalsoorten voor de motorkap en diverse structuuronderdelen van het koetswerk. Dat garandeert de grip van de achterwielen, de respons van het stuurwiel en de superieure stabiliteit en controleerbaarheid.

De **stroomlijn** zit op het allerhoogste niveau. Aangezien de auto geen hete gassen uitstoot, konden de ingenieurs de vloer volledig afdekken. Zo werd de luchtweerstand teruggedrongen om de efficiëntie te verhogen. Ook het design van de 'clearance'-koplampen draagt bij tot de stroomlijn terwijl op de zijkant van de achterlichtblokken luchtstabiliserende vinnen werden voorzien.

Vooran werd een MacPherson-ophanging met veerpoten gemonteerd terwijl achteraan een torsieas werd gebruikt. De voor- en achterwielophanging werden afgesteld met het oog op een maximale stabiliteit en een **vloeiend rijcomfort**.

En dat is nog niet alles. Ook andere details staan helemaal in het teken van rijplezier en comfort. Een daarvan is de '**Br-modus**', die overeenstemt met de motorrem van een auto met verbrandingsmotor. In deze modus werkt het regeneratieve remsysteem het doeltreffendst en kan de bestuurder iets sterker vertragen, bijvoorbeeld tijdens lange afdalingen.

FCV's hebben natuurlijk geen klassiek klinkende motor, maar om het rijplezier naar een nog hoger niveau te tillen versterkt het **werkingsgeluid** van een getunede luchtcompressor het gevoel van acceleratie. In diezelfde optiek zorgt een vertragingsgeluid voor een zekere gemoedsrust bij de bestuurder, doordat hij meer het gevoel krijgt te vertragen, zoals bij het remmen op de motor van een klassieke auto.

Tot slot beschikt de Mirai over twee inschakelbare **rijmodi**. In de ECO-modus geeft de aandrijving voorrang aan zuinigheid, terwijl de POWER-modus de eigenschappen van het aandrijfsysteem aanpast voor een scherpere respons op de pedaalinput.

6.2 De ervaring van een eco-auto in een praktisch pakket

- **Goede zichtbaarheid**
- **Optimale bestuurderspositie**
- **Brede, vlot toegankelijke opbergruimte in de koffer**
- **Functionele, gebruiksvriendelijke opbergruimtes**

De Mirai combineert alle eigenschappen van een eco-auto met een praktische lay-out door de FC-stack en andere onderdelen van de Power Unit onder de vloer te plaatsen.

Verscheidene eigenschappen dragen bij tot het **uitstekende zicht rondom**. De Mirai gebruikt dunne ruitenwischerbladen die het zicht van de bestuurder niet hinderen. Ook de plaatsing van de ruitenwissers werd oordeelkundig gekozen. Zijn uitstekende zicht naar voren dankt hij aan de geoptimaliseerde vorm van de ruitstijlen en de buitenspiegels die op de deurpanelen zijn geplaatst. Door een frameloze binnenspiegel met automatische dag-nachtregeling te gebruiken, werd de spiegel in zijn geheel kleiner, terwijl het spiegeloppervlak groeide om het zicht naar achteren te verbeteren.

Een **ideale rijhouding voor elke klant** was een topprioriteit. Het in de hoogte en diepte elektrisch verstelbare stuurwiel wordt aangevuld met 8-voudig elektrisch verstelbare zetels en een gemotoriseerde lendensteunregeling voor bestuurder en passagier. Eveneens voorzien is een geheugenfunctie om de persoonlijke voorkeurstanden (stuur, zetel, buitenspiegel) van twee bestuurders op te slaan.

Een elektrisch 'easy-access'-systeem vergemakkelijkt de toegankelijkheid van de bestuurderszetel. Bij het in- en uitstappen schuift de bestuurderszetel naar achteren terwijl het stuurwiel automatisch weggantelt en weer terugkomt. Zo wordt in- en uitstappen kinderspel.

De uitgekende lay-out van de batterij vertaalt zich in een **brede en vlot toegankelijke kofferruimte** van 361 liter (VDA-norm).

De Mirai zit boordevol **functionele en gebruiksvriendelijke opbergruimtes**. Voorbeelden daarvan zijn de box in de middenconsole, die in gesloten toestand als armsteun (met schuiffunctie) fungeert, de voordeurvakken die plaats bieden aan plastic flessen van 500 ml of horizontaal geplaatste A4-documenten, een plafondconsole voor kleine voorwerpen, zetelvakken op de rugleuning van de twee voorzetels, een uitschuifbare bekerhouder tussen de achterzetels en een opbergconsole onder de centrale armsteun achterin. Andere opbergvakken zijn onder meer de bekerhouder voorin, de vakken in de achterdeuren en het handschoenkastje.

6.3 Geavanceerd exterieurdesign

- **Zijprofiel 'lucht naar water'**
- **Gedurfd design van de zijroosters**
- **Innovatieve koplampen**
- **Aluminium velgen**

Het geavanceerde koetswerk- en interieurdesign van de Mirai zal beslist in de smaak vallen bij de zogeheten 'early adopters'. De Mirai onderscheidt zich door een hypermodern exterieur dat geen twijfel laat bestaan over zijn toekomstgerichte karakter, terwijl het gesofistikeerde interieur een 'onmiddellijk zichtbare nieuwe waarde' uitstraalt die perfect past bij een dergelijke baanbrekende auto.

De neus van de auto is een toonbeeld van state-of-the-art technologie. Zijn **voorkant** zet het originele karakter van brandstofcelwagens in de verf, terwijl een gedurfde en heldere driedimensionale structuur de roosters links en rechts maximaal tot hun recht laat komen. Ze zijn bovendien functioneel aangezien ze werden ontworpen om een maximale luchttoevoer te verzekeren.

Het aparte '**lucht-naar-water'-profiel** van de Mirai brengt het unieke karakter van brandstofcelauto's naar voren door de vloeiende vorm van een druppel water te simuleren. De achterkant garandeert een krachtige en tegelijk zuivere uitstraling dankzij de gedurfde vormgeving en de brede bovenkant van de bumpers. Dat resulteert in een levendige en zuivere indruk van lucht die door en onder de bumper stroomt.

Het **krachtige design van de zijroosters** benadrukt de werking van het aandrijfsysteem, dat lucht aanzuigt en water genereert. De zijroosters worden benadrukt door metalen platen en zijstangen die een origineel vooraanzicht creëren. Achteraan laat de vormgeving van de bumper een sterke indruk na. Het innovatief ontworpen achtermistlicht in de vorm van een rode omgekeerde driehoek en de vinvormige spoiler werken samen om de bumper zijn unieke vorm te geven.

De huidige onderzoeks- en ontwikkelingsingenieurs hebben heel wat tijd en aandacht besteed aan de structuur en het design van de **innovatieve koplampen** van de Mirai. De voorste richtingaanwijzers en dagrijlichten zijn gescheiden van de lichtblokken en zijn ontworpen om een geheel te vormen met de zijroosters. De koplampen ademen hoogtechnologische en verfijnde luxe dankzij een vernieuwend design dat een ultradun profiel met een lijn van vier ledlampen combineert met zichtbare warmteopnemers en andere optische uitrusting.

De – op afstandsbediening – elektrisch inklapbare buitenspiegels in koetswerkkleur zijn uitgerust met goed zichtbare led-richtingaanwijzers en een doeltreffende antiregenfunctie. De automatische inklapfunctie komt goed van pas bij het parkeren.

De 17" **aluminium velgen** werden nog lichter gemaakt dankzij een gloednieuwe graveerproces dat door Toyota werd uitgedokterd. Bij dit productieproces wordt er metaal afgeschaafd waar de schijfrem en de velg samenkomen om het gewicht van elke aluminium velg met ongeveer 500 gram te reduceren.

6.4 Stijlvol interieurdesign

- **Innovatief interieurdesign**
- **Solide kwaliteit en zacht aanvoelende materialen**
- **Centraal geplaatst instrumentenbord**
- **Multifunctioneel display**
- **Capacitief bedieningspaneel voor de airconditioning en zetelverwarming**
- **Hoogstaand comfort**
- **'Vorm in plaats'-methode**

Net als het exterieur schreeuwt het interieur van de Mirai innovatie en meerwaarde en zal hij zonder twijfel de aandacht trekken van de zogeheten 'early adopters'.

Een kenmerk van het **innovatieve interieurdesign** zijn de naadloos vloeiende lijnen, gecreëerd door de vorm die vanaf het centrale instrumentenbord naar de voorstijlen en de achterraut loopt. De structuur die is omhuld door het fijne middenpaneel van het bovenste en onderste deel zet het vernieuwende karakter van de Mirai in de verf.

Het contrast tussen de **solide aanvoelende kwaliteit en de zachte materialen** wordt benadrukt door de zilverkleurige versieringen doorheen het interieur en de zacht aanvoelende padding in de deurbekleding, het instrumentenbord, de middenconsole en andere onderdelen. Het geraffineerde interieur is het product van de gesofistikeerde harmonie tussen contrasterende combinaties. De glanzende, geometrische schakelpanelen en de handgrepen met sterke grip contrasteren met het zuivere, solide Jet Black van de middenconsole.

De cockpit is omgeven met tal van geavanceerde systemen die de bestuurder laten proeven van de toekomstige mobiliteit. Het **centrale instrumentenbord** is zo ontworpen dat het verhoogd en vernieuwend oogt. Door het centrale instrumentenbord helemaal bovenaan in het midden van het instrumentenbord te plaatsen, kan de bestuurder de informatie moeiteloos aflezen zonder zijn blik al te veel af te wenden van de weg voor hem.

Voor de snelheidsmeter en het **multifunctionele display** wordt een 4,2" groot TFT-scherm met vloeibare kristallen gebruikt. Het geeft tal van gegevens weer op een groot en eenvoudig leesbaar kleurscherm. De informatie in kwestie wordt overgenomen van zes tabbladen (rijgegevens / link naar navigatiesysteem / link naar audiosysteem / ondersteuning van het aandrijfsysteem / waarschuwingsberichten / instellingen).

De snelheidsmeter gebruikt een groot, gemakkelijk afleesbaar snelheidsscherm. Er kunnen twee schermmodi worden ingesteld: een duoscherm, dat een hoofd- en subscherm weergeeft en de standaardmodus. Een druk op de vierrichtingsschakelaar op het stuur volstaat om de indicatoren van het FC-systeem weer te geven in de duomodus.

Het **capacitieve bedieningspaneel van de airconditioning en zetelverwarming** heeft veel weg van een digitale tablet. De handelingen kunnen worden uitgevoerd door het scherm

zacht aan te raken. Eveneens aanwezig zijn capacatieve temperatuursensoren waarmee men eenvoudig de temperatuur kan instellen door schakelaars op en neer te schuiven met uw vingertoppen. De belettering en schakelaars worden verlicht door witte leds overdag en lichtblauwe leds in het donker. Het scherm geeft de ingestelde temperatuur, het luchtvolume en andere gegevens weer in het midden van het bedieningspaneel van de airconditioning.

Alle inzittenden in het interieur kunnen genieten van een **hoogstaand comfort**. Het geraffineerde interieur verzoent prestige met moderniteit. De zetels zijn ontworpen als moderne kunstvoorwerpen die het comfort en de functionaliteit van een luxewagen belichamen. Er werd ook heel wat aandacht besteed aan het rij- en zitcomfort om te zorgen dat het lichaam goed ondersteund wordt zodat er zelfs tijdens lange ritten minder vermoeidheid optreedt.

Het prachtige design, de ondersteuning en het rijcomfort worden verzekerd door de **'Vorm-in-Plaats'-methode**. Dat verwijst naar het proces waarbij urethaangrondstoffen in een zetelbekleding worden gegoten die daarvoor in een gietvorm wordt geplaatst zodat het schuim zijn definitieve vorm kan aannemen. Een heel contrast met de klassieke methode waarbij voorgevormde vullingen worden overtrokken. 'Form-in-Place' maakt het mogelijk om zetels een vorm te geven die trouw blijft aan het design en waarbij de ideale concave vorm het volledige lichaam omhult om een superieure ondersteuning van het lichaam te verzekeren.

De in acht richtingen elektrisch verstelbare zetels dragen bij tot de optimale zithouding en zijn net als de gemotoriseerde lendensteunregeling standaard voorzien voor de bestuurder en passagier. De zetelverwarming met twee temperatuurstanden is standaard voor alle zetels van de Mirai. Zachte materialen bekleden de oppervlakken en de rugleuningen en zitkussens van de zetels. Dat vertaalt zich in een aangenaam comfortgevoel met een hoge mate van ondersteuning voor het lichaam door de zetelkussens aan te passen aan de vorm van de heupen.

Zo streefden de ingenieurs tot in de kleinste details naar een **hoogwaardige uitstraling en esthetische look**. Een zachte bekleding op het dashboard, het instrumentenbord, de console, de deurbekleding en de armsteun maken dat het geheel erg aangenaam aanvoelt.

6.5 Uitmuntende koudstartprestaties

- **Verbeterde vermogensopwekking onmiddellijk na het starten bij vriestemperaturen**
- **Verbeterde opwarmingsprestaties**

Een van de nadelen van auto's op waterstof is dat je water nodig hebt om de vermogensopwekking door een brandstofcel op peil te houden. Dat is een probleem in streken waar de temperatuur regelmatig onder het vriespunt zakt en overtollig water gewoon befrist. Dat hindert de toevoer van lucht (zuurstof) en waterstof, waardoor er minder vermogen wordt opgewekt.

Toyota heeft dat probleem verholpen door ervoor te zorgen dat de Mirai altijd kan worden gestart bij temperaturen tot -30°C en dat er onmiddellijk na het starten voldoende vermogen voorhanden is voor praktisch gebruik. Dat gebeurde op twee manieren:

1) **Verbeterde vermogensopwekking onmiddellijk na het starten bij vriestemperaturen:**

- Betere prestaties voor het celkanaal en de elektrode: de afvoer van het gegenereerde water en de luchtverspreiding werden verbeterd.
- In de cellen werd een watervolumeregeling geïntegreerd: het watervolume wordt gemeten en op een gepast niveau gehouden om ook bij vriestemperaturen voldoende vermogen te kunnen opwekken.

2) **Verbeterde opwarmingsprestaties:**

- Lagere thermische capaciteit dankzij een brandstofcelstack met hogere vermogensdichtheid.
- Gebruik van een snelle opwarmingstechnologie voor de brandstofcel: de warmte die de brandstofcel genereert, wordt bijgestuurd om de opwarmingstijd drastisch in te korten.

De Mirai werd grondig getest in extreem koude omstandigheden in Alaska, Canada, Finland en Noord-Japan. De vermogensprestaties van de brandstofcelstack werden geëvalueerd bij het starten van de auto die 17 uur lang 's nachts buiten had gestaan in een temperatuur van -30°C . Het volledige vermogen was 70 seconden na het starten beschikbaar.

6.6 Actieve veiligheid, passieve veiligheid en comfortvoorzieningen

- **Hypergeavanceerde veiligheidssystemen**
- **Comfortuitrusting:**
 - **Modusschakelaar ECO HEAT/COOL**
 - **Automatisch inklapbare buitenspiegels**
 - **Handige laadzone voor smartphones**
 - **Stuurwiel- en zetelverwarming**
 - **Hoogwaardig audiosysteem**

De veiligheidsuitrusting van de Mirai staat op het niveau dat mensen van een eco-auto verwachten.

Actieve veiligheid

De Mirai heeft recht op een **Pre-Crash-Systeem** met superieure prestaties. Dat systeem detecteert voertuigen of obstakels op zijn weg door middel van een millimetergolfradar en helpt aanrijdingen te voorkomen door alarmen te activeren en de auto af te remmen wanneer hij een hoog aanrijdingsgevaar detecteert.

Wanneer de bestuurder het rempedaal intrapt na een alarm, verhoogt het Pre-Crash-systeem de remkracht. Zelfs als de bestuurder het rempedaal niet heeft ingetrapt, wordt de Pre-Collision-rem geactiveerd en remt de wagen automatisch af. Zo reduceert hij de snelheid met maar liefst 30 km/u om aanrijdingen te voorkomen of schade en letsels te beperken.

De **Dodehoekmonitor** (BSM) is een nuttig systeem om de zone achter de wagen te controleren. Het detecteert voertuigen in de aangrenzende rijstroken. Wanneer andere voertuigen in de dode hoek rijden en dus niet zichtbaar zijn voor de bestuurder, licht de led-indicator op de buitenspiegel op. Op dat ogenblik begint de richtingaanwijzer te knipperen terwijl ook de led-indicator in de spiegel knippert om de bestuurder attent te maken op het andere voertuig.

De wagen is ook uitgerust met de functie **Rear Cross Traffic Alert** (RCTA). Wanneer de auto achteruit begint te rijden detecteert een radarsensor eventueel dwarsverkeer. Net als bij de dodehoekmonitor knippert er een led-indicator en weerklinkt er een geluidssignaal om de aandacht van de bestuurder te trekken.

Een bijkomende actieve veiligheidsfunctie is **Lane Departure Alert** (LDA), dat de bestuurder waarschuwt wanneer hij onbedoeld van zijn rijstrook afwijkt. De witte/gele lijnen op de weg worden herkend door een camera. Wanneer de wagen dreigt af te wijken van zijn rijstrook zonder dat de bestuurder de richtingaanwijzers gebruikt, wordt de bestuurder hierop attent gemaakt door een alarmsignaal en een verklikker op het dashboard.

Drive-start Control vermindert schade door plots vertrekken tijdens het schakelen en het achteruit rijden. Na een aanrijding in achteruit kan het bijvoorbeeld gebeuren dat de

bestuurder de versnellingspook snel van 'R' naar 'D' schuift terwijl het gaspedaal nog ingetrapt is. Op dat ogenblik wordt hij door een indicator op het scherm gewaarschuwd en wordt het motorvermogen onderdrukt om plotse acceleraties te beperken.

De **automatische grootlichten** schakelen automatisch over tussen dim- en grootlichten. Tijdens nachtelijke ritten detecteert de sensor van de interieurcamera de helderheid van de omgeving en schakelt het systeem automatisch over tussen dim- en grootlichten om het zicht vooruit van de bestuurder te optimaliseren. Wanneer de lichten van voorliggers, tegenliggers en straatverlichting worden gedetecteerd, worden de koplampen automatisch terug in de dimstand geschakeld. Dat voorkomt dat de bestuurder de grootlichten vergeet uit te schakelen en reduceert het ongemak van manuele handelingen. Deze functie kan worden uitgeschakeld met de schakelaar.

Andere preventiesystemen zijn:

- Adaptieve snelheidsregelaar,
- Stabiliteitsregeling (VSC) en tractiecontrole (TRC),
- Antiblokkeerremstelsel (ABS) met elektronische remkrachtverdeling (EBD),
- Vertrekhelp voor hellingen,
- Noodremsignaal,
- Automatische antiverblindingspiegel,
- Parkeersensoren,
- Parkeercamera.

Passieve veiligheid

In het totaal beschikt de Mirai standaard over **acht SRS-airbags (Supplemental Restraint System)**:

- Tweefasige frontale SRS-airbags (bestuurder en voorpassagier),
- SRS-knieairbag (bestuurder),
- SRS-zitkussenairbag (voorpassagier),
- SRS-zijairbags (bestuurder en voorpassagier),
- SRS-gordijnairbags (vooraan en achteraan).

Het koetswerk is ontworpen om de ernst van letsels die voetgangers oplopen in geval van aanrijdingen te minimaliseren. Er werden **impactabsorberende structuren** gebruikt voor onderdelen zoals de motorkap en het schutbord om de impact van het hoofd en andere ledematen van voetgangers op de motorkap te verminderen en te absorberen.

Andere veiligheidsfuncties zijn de driepuntsveiligheidsgordels met gordelspanners en krachtbegrenzers op alle plaatsen en de Isofix-compatibele kindersitjes en topankers voor de achterste plaatsen.

Comfortuitrusting

De Mirai is uitgerust met comfortitems om het comfortpeil van de inzittenden te verhogen.

De **schakelaar ECO heat/cool** verzekert een volautomatische, onafhankelijke temperatuurregeling voor de linker- en rechterkant van het interieur. De ingestelde temperatuur kan eenvoudig worden gewijzigd door de metalen schakelaars op de bestuurders- of passagierszetel te verschuiven. Er is ook een specifieke ECO-modusschakelaar voorzien voor de airconditioning, die het brandstofverbruik beperkt door de prestaties van de airconditioning bij te regelen zonder het rijgevoel aan te tasten. De ECO-modus wordt bediend door de schakelaar in en uit te schakelen of hem ingedrukt te houden. In de ECO HI-modus wordt de airconditioning geregeld met nog meer nadruk op het brandstofverbruik dan in de ECO-modus.

Bijzonder handig in parkings, zijn de **automatisch inklapbare buitenspiegels**, die zich bij het vergrendelen en ontgrendelen automatisch in- en uitklappen.

Smartphones die compatibel zijn met de draadloze oplaadstandaard Qi of die met Qi-compatibele accessoires werken, kunnen eenvoudig worden opgeladen door ze in de **handige laadruimte voor smartphones** in het middenconsolevak te leggen.

De **stuur- en zetelverwarming** voor alle plaatsen garandeert instant warmte en dringt het brandstofverbruik sterk terug. Deze comfortvoorziening heeft namelijk nog minder impact op het brandstofverbruik en het rijbereik dan de airconditioning en laat bestuurder en passagiers toch genieten van een warm gevoel. De stuurwielverwarming verwarmt het stuur zodra ze wordt ingeschakeld en wordt na ongeveer 30 minuten automatisch uitgeschakeld. De zetelverwarming biedt voor alle zetels de keuze tussen twee temperatuurstanden (Hi/Lo).

Het topaudiosysteem van het gamma voorziet de Mirai standaard van een 7" VGA TFT-scherm. Het omvat een AM/FM-radio, cd-speler, Bluetooth, navigatiesysteem en DAB. De klank wordt weergegeven door een hoogwaardig soundsysteem met elf luidsprekers van JBL® en USB- en AUX-aansluitingen zijn standaard voorzien in de middenconsolebox.

Andere comfortvoorzieningen zijn het intelligente instap- en startsysteem, de antidiefstalsystemen (startonderbreking + automatisch alarm), de ruitenwissers met regensensor vooraan en het extra 12V-gelijkstroomstopcontact.

7 Werking van het toonaangevende TFCS-systeem

- **TFCS (Toyota Fuel Cell System) combineert de hybride- en brandstofceltechnologieën die Toyota in de loop der jaren heeft ontwikkeld**
- **Twee energiebronnen – een brandstofcelstack en een batterij – werken optimaal samen om de motor aan te drijven**
- **Hoe de brandstofcelstack vermogen opwekt**

TFCS combineert de hybride- en brandstofceltechnologieën die Toyota in de loop der jaren heeft ontwikkeld

Het brandstofcelsysteem van Toyota (Toyota Fuel Cell System, TFCS) gebruikt de nieuwste, compacte, ultraperformante brandstofcelstack.

De Mirai werd ontwikkeld rond de jarenlang verbeterde kerntechnologieën op het gebied van energierecuperatie tijdens het remmen en uiterst performante en efficiënte hybridetechnologieën die de motor bijstaan bij het vertrekken en accelereren. Twee energiebronnen, een brandstofcelstack en een batterij, werken optimaal samen om de elektromotor van stroom te voorzien en een milieuvriendelijkere en krachtigere werking te verzekeren.

(infographic)

Twee energiebronnen – een brandstofcelstack en een batterij – werken op intelligente wijze samen om de motor aan te drijven

De Mirai is een hybridewagen die een brandstofcelstack combineert met een batterij. Hybride verwijst als vanouds naar de combinatie van twee verschillende types. Doorgaans combineert een hybridewagen twee energiebronnen: een verbrandingsmotor op brandstof en een elektromotor. Een brandstofcelwagen zoals de Mirai verschilt lichtjes van andere hybridewagens in de zin dat hij een brandstofcelstack en een batterij gebruikt als energiebronnen die stroom naar de elektromotor sturen. Net als bij andere hybridesystemen levert de batterij extra vermogen voor krachtigere acceleraties en een efficiëntere werking.

(infographic)

Hoe de brandstofcelstack vermogen opwekt

De kleinste eenheid van een brandstofcel (een cel) bestaat uit een elektrolytmembraan, twee elektroden (positief en negatief) en twee scheidingsplaten. Hoewel elke cel een beperkte spanning van 1 volt of minder heeft, kan men de spanning die nodig is om een auto aan te drijven verkrijgen door enkele honderden cellen serieel met elkaar te verbinden. Al die cellen samen

noemt men een brandstofcelstack (FC-stack) en daar wordt doorgaans naar verwezen wanneer we het over brandstofcellen hebben.

(infographic)

In een brandstofcel wordt elektriciteit opgewekt door waterstof met zuurstof te laten reageren. De waterstof wordt aan de negatieve elektrode geleverd, waar ze geactiveerd wordt op de katalysator, zodat er elektronen worden vrijgegeven. Die vrijgegeven waterstofelektronen vloeien van de negatieve elektroden naar de positieve elektroden en genereren zo elektriciteit. De waterstof die de elektronen vrijgeeft, wordt omgezet in waterstofionen die zich naar de positieve kant bewegen via het polymeerelektrolytmembraan. Op de positieve elektrodekatalysator worden zuurstof, waterstofionen en elektronen gecombineerd om water te vormen.

(infographic)

8 Veiligheid: De auto, het tankproces en het gas

- **De auto: sterke brandstoftanks en uiterst gevoelige waterstofsensoren**
- **Het tankproces: internationale veiligheidsnormen**
- **Het gas: het lichtste element in het universum gebruiken heeft zo zijn voordelen**

Over het laatste decennium werden honderden brandstofcelwagens tot in de puntjes getest op openbare wegen om de veiligheid te verzekeren. Ze hebben miljoenen kilometers afgelegd op de meest uiteenlopende en slopende terreinen. Ze werden aan de tand gevoeld in de vrieskou van het Finse noorden en de hitte van Zuid-Spanje. Hun waterstoftanks werden zelfs beschoten met ultrakrachtige wapens. Het resultaat: de Mirai heeft alle tests met vlag en wimpel doorstaan en is even veilig als elke andere Toyota. Het feit dat hij wordt aangedreven door waterstof, heeft absoluut geen impact op zijn inherente veiligheidsniveau. Drie aspecten van de Mirai die betrekking hebben op de veiligheid van de auto, het tankproces en het gas zelf.

De auto: sterke brandstoftanks en uiterst gevoelige waterstofsensoren

De waterstof waaruit de Mirai zijn energie put, wordt onder hoge druk (700 bar) opgeslagen in twee compacte en ultrasterke tanks. Al sinds 2000 werkt Toyota intern aan het design van deze tanks, met een uitzonderlijke stevigheid en veiligheid als gevolg.

Die stevigheid is voornamelijk te danken aan de koolstofvezelbehuizing waarrond een laag glasvezel zit. Als de wagen bij een ongeval betrokken raakt, zal eventuele schade aan de waterstoftank duidelijk zichtbaar zijn aan deze glasvezellaag. Zo kan de tank worden getest

om na te gaan of de koolstofvezelbehuizing zelf geraakt is. De glasvezel draagt niet rechtstreeks bij tot de stevigheid van de tank, maar geeft absolute zekerheid over zijn integriteit. De binnenkant van de tank is volledig bekleed met kunststof om lekken uit te sluiten.

Zoals eerder al vermeld, werden de tanks aan de meest extreme tests onderworpen. Ze zijn gemaakt om tot 225 procent (GTR-norm*) van hun werkingsdruk aan te kunnen. Meer dan een comfortabele veiligheidsmarge met andere woorden.

In het onwaarschijnlijke geval dat er toch een lek zou optreden, bevat de Mirai uiterst gevoelige sensoren die minieme hoeveelheden waterstof kunnen detecteren. Die sensoren werden op strategische locaties geplaatst zodat waterstoflekken onmiddellijk gedetecteerd worden. Als er ondanks alles ooit een lek in het brandstofsysteem zou komen, schakelen de sensoren de veiligheidskleppen en de wagen zelf onmiddellijk uit.

Als derde beveiligingslaag is het interieur volledig gescheiden van het waterstofcompartiment om ervoor te zorgen dat lekkende waterstof niet in binnendringt in het interieur, maar gewoon wordt vrijgegeven aan de atmosfeer.

Het tankproces: internationale veiligheidsnormen

Bijtanken is een kritiek proces omdat het menselijke acties omvat, die helaas tot onvoorziene en onveilige scenario's kunnen leiden, zoals wegrijden terwijl de brandstofslang nog op de wagen zit. Om die reden werden een aantal veiligheidsvoorzieningen geïmplementeerd.

Ten eerste bevat het mondstuk aan het einde van de brandstofslang een mechanisch slot, dat een optimale aansluiting op de tankopening van de auto verzekert. Het vullen begint niet voor dit mechanische slot veilig is vastgeklikt.

Ten tweede controleert een drukimpuls het systeem op lekken tussen de pomp en de auto. Als er een lek wordt gedetecteerd, wordt het tanken gestopt.

En ten derde wordt de vulsnelheid nauwkeurig geregeld om oververhitting tijdens de overdracht te voorkomen. Temperatuursensoren in de waterstoftanks van de auto, het mondstuk en de pomp communiceren voortdurend met elkaar via infraroodtechnologie om het waterstofdebiet te regelen zodat de temperatuur niet te hoog oploopt. Ongetwijfeld het slimste tanksysteem dat bestuurders ooit hebben gezien

De internationale normen SAE J2601, SAE J2799 en ISO 17268 bepalen veiligheidslimieten en prestatievereisten voor tanksystemen die waterstof in gasvorm leveren. Die criteria hebben betrekking op de maximale brandstoftemperatuur aan het mondstuk, de maximale brandstofstroom en de maximale druktoename.

Wanneer een bestuurder met de Mirai probeert weg te rijden terwijl de brandstofslang nog met de auto verbonden is, zal dat niet lukken. De ontsteking van de auto wordt namelijk uitgeschakeld tot het mondstuk terug in de houder is geplaatst en de tankdop is gesloten. Om helemaal zeker te zijn, wordt een overbodig veiligheidssysteem ingebouwd in de slang om de pomp te vergrendelen mocht een auto te hard aan de slang trekken wanneer hij tijdens het bijtanken wegrijdt.

Het gas: het lichtste element in het universum gebruiken heeft zo zijn voordelen

Waterstofgas is het lichtste gekende gas en is gevoelig (14x) lichter dan lucht. Het gevolg is dat waterstof bij eventuele lekken in de atmosfeer zou opstijgen. En dankzij zijn status als kleinste molecule in het universum verspreidt ze zich snel in de lucht en in andere gassen.

Tot slot hebben de tanks van de Mirai een overdrukklep die de waterstof geleidelijk aan vrijgeeft ingeval de temperatuur abnormaal zou stijgen (zoals bij een brand). Dat voorkomt overdruk en explosies, waardoor het stereotype beeld van waterstofexplosies wordt geëlimineerd. Bovendien zal de brand daardoor een groot deel van de auto onbeschadigd laten.

Samenvatting van de veiligheidsaspecten

Waterstof is even veilig als andere autobrandstoffen. Het wordt al decennialang gebruikt als energiedrager en dankzij de enorme knowhow en ervaring van zowel Toyota als andere ondernemingen kan het veilig worden behandeld. Bovendien is het een koolstofvrije, ongevaarlijke energiedrager die met heel wat hernieuwbare energiebronnen kan worden geproduceerd en die geen broeikasgassen uitstoot wanneer het als brandstof wordt gebruikt.

* GTR staat voor Global Technical Regulations. Deze normen werden opgesteld door de Verenigde Naties en hebben dus een wereldwijd bereik en juridische waarde.

9 Milieuoverwegingen: Van productie tot afvalverwerking

- **Productie van de wagen**
- **Waterstofproductie**
- **Recyclage**

Door enkel water te genereren als nevenproduct tijdens de aandrijffase dringt de Mirai de globale milieu-impact van de auto gevoelig terug. Naargelang de manier waarop de waterstof wordt geproduceerd, daalt de totale CO₂-uitstoot met 40 tot 70 % in vergelijking met klassiek aangedreven benzineauto's. In de toekomst zal waterstof op grote schaal geproduceerd worden uit hernieuwbare energie, zullen de CO₂-emissies van bron tot wiel nog drastischer gereduceerd worden en zullen we veel dichterbij onze uiteindelijke doelstelling van nuluitstoot komen.

Productie van de wagen

De Mirai wordt gebouwd in een duurzame Toyota-fabriek die alles in het werk stelt om grondstoffen maximaal te benutten en tegelijk in harmonie met de natuur te werken. Die benadering omvat drie specifieke aspecten:

- Doeltreffende energieopwekking door het gebruik van uitlaatwarmte van de fabriek of hernieuwbare energiebronnen zoals zonne-energie.
- Eliminatie van energieverstopping: ontwikkeling en introductie van productietechnologieën die weinig CO₂ uitstoten en dagelijkse Kaizen-activiteiten.
- Betrokkenheid bij de gemeenschap en behoud van ecosystemen: aanplanting van bomen op de terreinen van de fabriek.

Waterstofproductie

Waterstof kan uit diverse primaire energiebronnen worden geproduceerd, naargelang de meest geschikte methode voor elk land. Het kan ook een belangrijke rol spelen in de verspreiding van hernieuwbare energie. Zonne- en windenergie zijn variabele energiebronnen, met een onstabiele opwekking als gevolg, en vereisen dus een aangepast opslagsysteem. Een manier om die hernieuwbare energiebronnen op te slaan, is ze om te zetten in waterstof, een energiedrager die dankzij de hogere energiedichtheid beter geschikt is voor een grootschalige opslag dan batterijen. De maatschappij van de toekomst moet hernieuwbare energie gebruiken en moet het elektriciteitsnet op intelligente wijze combineren met het waterstofnet om tot een doeltreffend gebruik te komen.

Recyclage

De efficiëntie van de grondstoffen speelt een belangrijke rol bij Toyota. De Mirai is dan ook voor meer dan 95 procent herbruikbaar. Aangezien de brandstofcelstack van de Mirai het edelmetaal platina bevat, creëerde Toyota het eerste inzamel- en recyclagenetwerk voor brandstofcelstacks ter wereld.

Vooral voor industriële batterijen heeft Toyota in Europa zichzelf als doel gesteld om 100 % van de batterijen in te zamelen. In 2010 slaagde Toyota erin om 's werelds eerste 'batterij-naar-batterij'-recyclageproces uit te werken in Japan. Bovendien worden de batterijen sinds 2013 hergebruikt voor stationaire energieopslagtoepassingen. Toyota beseft dat onze voorraad aan grondstoffen niet oneindig is en zet daarom een belangrijke stap in de richting van een grondstofefficiënte economie.