

# 수소, 디지털과 만나다.

에너지 및 이동 시스템의 새로운 기회

2018 9월 수소 위원회 토론



이 보고서는 글로벌 기후 행동 정상 회담을 위해 준비되었으며 2018년 9월 수소 디지털화의 가능성을 알아보기 위한 수소와 기술 부문의 토론 초기를 위해 사용되었습니다.

또한 이 보고서는 수소위원회의 연구 태스크 포스와 공동 작성되었으며 수소위원회는 6개 회사의 고위 임원으로 구성되었습니다: Air Liquide S.A., 현대자동차, Cummins Inc., Plastic Omnium, Toyota Motor Corporation, and 3M.

맥킨지사에서 본 보고서의 분석을 지원하였습니다.

연락처

**Hydrogen Council**

[secretariat@hydrogencouncil.com](mailto:secretariat@hydrogencouncil.com)

[www.hydrogencouncil.com](http://www.hydrogencouncil.com)

# 수소, 디지털과 만나다.

에너지와 이동수단을 위한 새로운 기회

수소위원회 2018년 9월

수소위원회는 수소 경제를 활성화시키려는 업계 최대 규모의 단체입니다. 2017년 1월 세계 경제포럼에서 시작된 이 위원회의 회원으로는 수소 밸류 체인에 투자하고자 하는 대기업들이 있습니다. 밸류 체인이란, 수소 생산, 인프라 및 거주, 산업, 교통 등의 최종 사용자가 있습니다.

수소 위원회의 회원으로써 우리는 수소가 경제적으로 실행 가능하고, 재정적으로 매력적이며, 그리고 사회적으로 유익한 솔루션을 제공할 수 있다고 확신합니다. 또한 특정 분야와 지역에 선 에너지 전환을 가능케 하고 도심 대기의 질을 향상시키는 데 있어 가장 좋은 방법으로 보여지고 있습니다.

이 보고서는 에너지 수요의 디지털화가 가져올 영향과 ICT부문이 에너지 전환 과정 중 어떻게 수소 디지털화를 진행하며 서로를 보완할 지에 대하여 조사하였습니다. 우리는 수소가 강력한 이점을 제공함으로써 주요 디지털 트렌드를 가능하게 해, 효율적이고 제로-배출 에너지 벡터의 역할을 수행할 것이라 믿습니다.

# 목차

개요	3
방법론	6
비전: 에너지와 이동 시스템의 새로운 기회	8
디지털화 및 신기술이 에너지 사용 패턴을 혼란에 빠뜨리고 다목적, 청정 에너지에 대한 새로운 수요를 이끌고 있습니다.	8
배터리와 수소 모두 친환경 에너지를 저장 및 공급할 수 있습니다.	9
비전: 미래의 도시	9
심층 분석: 주요 디지털 활용 분야: 수소 잠재력 및 영향 평가	12
활용도 1: 자율 택시 및 셔틀	12
활용도 2: 화물 체인 디지털화	15
활용도 3: VTOL 택시	18
활용도 4: 데이터 센터	21
요약	23
용어	25
참고 문헌	26

# 2030년, 수소는



약 100~150만대의  
자율운행 택시



약 30~70만대의  
자율운행 셔틀



약 300~400만대의  
배달 트럭 및 수송 차량



약 4~8천대의  
수직 이착륙 택시  
(VTOL)



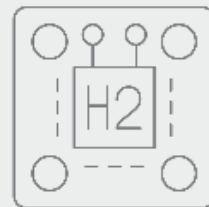
1TWh  
데이터 센터 비상 전력

... 을 운행할 수 있습니다.

## 이는 약...



연간 5~7백만톤의  
수소 수요와



550~650만개의  
연료 전지가 사용될  
것을 뜻합니다.

# 개요

비전: 디지털화는 다목적, 청정 에너지의 신수요를 이끌고 있습니다.

디지털 기술은 모든 분야를 변화시키고 있습니다. 신기술은 우리의 일, 삶, 그리고 여가를 즐기는 방식을 변화시키고 있으며 또한 어떻게 새로운 상품과 서비스가 창출되며 전달되고 소비될 지를 바꾸고 있습니다. 자율 주행, 가상 현실, 인공지능과 같은 기술 중 일부는 경제의 다양한 측면에서 혼란을 주고 교차 효과를 가져올 수 있습니다.

물론 디지털화는 에너지 효율성을 높일 수 있습니다.

카셰어 같이 자산을 공유해 IOT를 통한 에너지 효율성 향상을 얻을 수 있지만, 이는 무지막지한 신규 에너지 수요 역시 가져옵니다. ICT, 정보통신기술 분야는 이미 미국 전기 소비량의 50% 이상을 소비하고 있습니다. 앞으로도 ICT 부문의 에너지 수요는 증가할 것으로 전망됩니다. ICT의 효율을 고려했음에도 2050년도까지 전력 소모부분은 두 배로 증가할 것으로 예측되고 있습니다.

---

디지털화는 엄청난 양의 새로운 에너지 수요를 만들어냅니다.

---

지구온난화를 섭씨 2도로 제한하기 위해선, 세계는 급격한 변화를 필요로 할 것입니다. 탄소 배출을 줄이고 대기 품질을 향상시킨다는 명확한 요구 사항에 따라 이러한 새로운 에너지 수요는 깨끗하고 재생 가능한 자원으로부터 창출되어야 합니다. 이 뜻은 곧, 태양 및 풍력 전력을 전달할 수 있는 에너지 매개체가 필요하며, 또한 이 매개체는 에너지의 최종 사용처로 적시에 보내 필요시 에너지를 방출할 수 있어야 합니다.

---

배터리와 수소 기술은 다양한 분야에 있어 상호 보완적입니다.

---

배터리와 수소, 이 두 가지 주요 기술들은 재생 에너지에 필요한 저장 공간을 제공할 수 있습니다. 종종 경쟁하는 대체재로 묘사되기도 하지만 사실 두 기술은 다른 분야를 보완합니다.

배터리는 널리 사용 가능하며 변환 손실이 적고, 최근 빠른 원가절감을 보여주고 있습니다. 배터리의 초기 사용은 많은 인프라를 필요로 하지 않기 때문에 시장에서 채택이 용이합니다.

---

수소 인프라에 대한 공간 요구 사항을 낮춤으로써 신속하고 비용 효율적인 확장이 가능합니다.

---

온보드 수소 스토리지의 높은 에너지 밀도(충전식 전지에 비해 약 10배 높음)는 수소 연료 셀 시스템이 더욱 크거나 "수직 상승 모드"(예: 비행)를 필요로 하는 이동 수단에 적합합니다.

더 긴 주행거리는 더 빠른 재충전과 함께 대기 시간을 줄이고 활용성을 높여 인프라 요구사항을 줄이는 데 도움을 줍니다.

초기의 증분 인프라 투자는 더 높을 수 있지만, 수소 인프라는 규모면에서 비용이 적게 들고 전기 네트워크에는 영향을 미치지 않습니다. 반면, 직접충전 인프라는 상당한 그리드 업그레이드를 필요로 합니다.

사용 사례 : 수소가 새로운 디지털 비즈니스 모델을 가능하게 하는 네 가지 사례

에너지 전환에는 수소가 필요합니다. 보고서에서 설명하는 응용 분야 외에도 Hydrogen -

scaling up<sup>1</sup>, 수소는 다른 새로운 디지털 비즈니스 모델에 힘을 실어줄 것입니다. 이 보고서에서는 향후 10년 동안, 보다 깨끗하고 건강하며 효율적인 도시에 기여할 수 있는 네 가지 사례를 소개할 것입니다.

자율 택시 및 셔틀 2020년 경에는 운전자를 필요로 하지 않는 완전 자율 택시와 셔틀이 도로를 다닐 것입니다. 미래엔 많은 도심지가 제로이미션을 요구할 것입니다. 이에 더해 장거리 및 항상 운행되어야 할 필요성을 감안할 때, 수소의 높은 에너지 밀도와 빠른 연료 충전은 이상적인 장점입니다. 도시에서 운행되기 때문에 수소 인프라의 낮은 공간 요구 사항은 빠르고 비용 효율적인 확장을 가능하게 합니다. 2030년에는 약 100~150만 자율운행 택시와 함께 약 30만~70만대의 자율운행 셔틀이 수소 연료 전지로 운행될 수 있습니다. (2030년 운행 중인 총 2050만대의 자율 운행 택시 및 셔틀 중)

---

수소는 전체 화물 체인에 연료를 공급하는데 있어 이상적인 에너지 벡터를 제공합니다.

화물 체인이 디지털로 가능하게 되며, 화물은 현재 호황을 누리고 있는 전자 상거래 부문을 보았을 때 상업적 운송 수단의 모든 형태가 궁극적으로 자율 기술로 바뀔 것으로 예상합니다. 수소는 지게차, 장거리 트럭, 단거리 운반선 및 자율 운행 선박에서부터 배달용 드론에 이르기까지, 전체화물 체인에 연료를 공급하기에 이상적인 에너지 벡터를 제공합니다.

2030년까지 수소와 연료 전지는 전 세계적으로 약 300만 ~ 400만대의 배달 트럭과 승합차의 연료로 공급될 수 있습니다.

VTOL 택시. 수직 이륙 및 착륙 (VTOL) 택시는 도시 교통에 혁명을 일으키기 위해 개발되기 시작하였으며, 기업들은 벌써 2020년부터는 첫 운영을 시작할 것으로 예상됩니다. VTOL은 안전하고 청결하며 에너지 밀도가 높으며 충전이 가능한 에너지 저장 장치가 있어야 비행할 수 있습니다. 수소는 항공기 긴 가동 시간, 장거리 및 효율적인 초기 및 토지 인프라의 축적을 가능하게 합니다. 2030년까지 약 20~40%의 VTOL이 연료 전지로 구동된다는 가정하에 4,000 ~ 8,000대의 수소 구동 VTOL이 하늘을 날 수 있습니다.

---

수직 이륙 및 착륙 (VTOL) 택시 도시 교통에 혁명을 일으킬 것입니다.

---

데이터 센터. 데이터 센터는 디지털화, 수신, 저장 및 방대한 양의 데이터를 처리하는 기간을 이루고 있습니다. 저렴한 비용으로 더 많은 컴퓨팅 성능, 스토리지 및 모든 부문에 디지털화가 이루어지기 때문에 에너지 수요는 급격히 증가할 것입니다. 데이터 센터의 전력 수요는 이미 프랑스 전체에 가까우며 이는 2030년까지 두 배에 이를 것이라고 예측되고 있습니다. 데이터 센터 운영자는 데이터 센터의 용도에 맞는 재생 가능 세대를 구축하고 발전용 연료 전지를 실험하고 있습니다. 수소는 태양력과 풍력을 이용할 수 없을 때 전력을 공급할 수 있을 뿐만 아니라 효율적이고 반응이 빠른 예비 전력을 제공할 수 있습니다.

이러한 응용 분야에 수소를 사용하게 된다면 운송, 산업 및 도시에서의 CO<sub>2</sub> (이산화탄소) 중립적 성장이 가능할 것입니다. 설명된 네 가지 사용 사례에서 수소의 잠재력은 연간 수소 수요의 약 5백만에서 7백만톤에 달할 수 있으며, 2030년까지 총 550만에서 650만개의 연료 전지를 사용할 수 있습니다.

전망 : 새로운 수소 응용 분야 개발

---

<sup>1</sup> 이 보고서는 디지털 기술을 기반으로 하는 새로운 응용 분야에 중점을 둡니다. 모든 (기존) 수소 적용 분야에 수소를 확인하려면 Hydrogen Council 웹 사이트에서 "Hydrogen - scaling up"이라는 글로벌 로드맵을 참조하십시오.



위에서 언급한 많은 응용 분야들은 현재 개발 또는 시험 단계에 있습니다. 미래적이고 멀리 떨어져 있는 것처럼 보일 수 있지만, 그 엄청난 잠재력은 오늘날의 기세와 공격적인 일정에 힘을 실어주고 있습니다. 기업들은 이미 특정 사용 사례의 도로에서 자율 차량 (AV)을 테스트하고 있으며, 일부 서비스 제공 업체는 2018년에 자율 운행 교통 서비스 (ride-hailing)를 시작한다고 발표했습니다. VTOL 관련 기업들은 2020년까지 화물 운송 서비스, 또 2023년에는 승객 운송 시험을 계획하고 있습니다.

이러한 강력한 추진력과 솔루션의 개발주기를 감안할 때 이제는 수소 및 연료 전지 솔루션을 개발하고 배포할 시기라고 생각되어 집니다. 기존의 대중 시장 기술에 비해 상대적으로 제한적인 인프라 요구 사항을 가진 새로운 응용분야들은 또한 수소 및 연료 전지에 이상적인 진입점을 제공합니다.

---

**이제는 수소와 연료 전지 솔루션을 개발 및 배치할지를 고려해야 할 시기입니다.**

---

수소 위원회 (Hydrogen Council)에서는 수소가 앞으로 수십 년 동안 새로운 디지털 응용 분야로부터 나타날 새로운 에너지 수요의 많은 부분을 가능하게 할 수 있다고 확신합니다. 우리는 이러한 응용 분야를 공동으로 개발하고 새로운 경제의 함께 시장을 확장할 준비가 되어 있습니다.

# 방법론

이 보고서는 몇 가지 매우 파격적인 기술에 대해 설명하고 수소가 특정 에너지 요구 사항을 충족시키는 데 어떻게 도움이 되는지 살펴볼 것입니다. 자율운행 택시 및 셔틀, 디지털 화물 체인, VTOL 택시 및 데이터 센터의 네 가지 주요 응용 분야에 중점을 둡니다.

다음 설명은 전문 창업자부터 기존 OEM 업체에 이르기까지 네 가지 응용 프로그램에서 여러 업계 선수와의 토론을 기반으로 합니다. 이러한 경향을 가능하게 하는 데 있어 수소의 잠재적인 역할을 계량화하기 위해 우리는 디지털 추세 (미래 이동성을 위한 McKinsey Center, MCFM을 포함)의 규모와 Hydrogen 위원회 위원 (2017년 Bonn 회의에서 COP23 (Conference of the Parties) 회의에서 수소 협의회가 발간 한 "Hydrogen-scaling up"보고서 참조).

# 비전

에너지와 이동 시스템을  
위한 새로운 기회



# 비전: 에너지와 이동 시스템의 새로운 기회

디지털화 및 신기술이 에너지 사용 패턴을 혼란에 빠뜨리고 다목적, 청정 에너지에 대한 새로운 수요를 이끌고 있습니다.

오늘날 우리가 알고 있는 세계는 극적인 변화 겪고 있습니다. 특히, 파격적인 기술과 디지털화는 일상 생활을 변화시키고 있는데, 이제 막 시작하였을 뿐입니다. 다른 이들이 쇠퇴하는 이 환경에서 새로운 비즈니스 모델들이 생겨나고 빠른 성장을 보이고 있습니다. 현재 9,000억<sup>2</sup> 달러의 가치를 갖고 있습니다.

---

지난 10년 동안 설립된 상위 50개 기업은 현재 9,000억 달러의 가치를 갖고 있습니다.

---

인공 지능, 블록 체인 및 클라우드 컴퓨팅과 같은 기술은 이미 일부 상용화되었고 앞으로도 성장할 것입니다. 수직 이동 (예 : "비행 택시"), 디지털 화물 체인 및 자율 주행과 같은 이러한 기술로 인해 발생하는 응용 분야 및 추세는 혼잡한 도로, 도심내 배출 및 부적절한 에너지 사용과 같은 기존 문제를 해결할 것으로 보여집니다. 이들은 또한 현대 생활을 가능하게 하는 네트워크를 변화시킬 것입니다. 디지털화가 진행됨에 따라 공공 서비스, 여행 및 원활한 이동성이 진화하고 향상될 것입니다.

---

## 파격적인 기술들은 청정 친환경 연료를 요구할 것입니다.

---

이러한 파격적인 기술들의 날로 증가하는 에너지 수준을 성공적으로 충족 시키기 위해선 청정 친환경 연료를 필요로 하며 이는 디지털 응용을 성공시키기 위해 필요한 핵심

요소입니다. 새로운 적용 분야는 더욱 효율적인 에너지 사용을 가져오지만 (예, 카풀 등의 개인 차량보다 효율적인 사용), 디지털화 그 자체를 보았을 때 1 인당 에너지 소비량을 크게 증가시킬 것입니다. 특히, 새로운 디지털 서비스 및 적용 분야의 도입은 걷기, 자전거 타기 또는 공공 교통과 관련하여 새로운 이동성 서비스의 사용이 증가시키고 따라서 새로운 에너지 수요를 촉발시킵니다.

ICT 분야의 에너지 수요는 이미 미국의 전력 수요의 50%를 이미 넘어섰으며 2050 년에 이 수치는 두 배가 될 것으로 예상됩니다.<sup>3</sup> 또한 2020 년까지 데이터 센터의 에너지 수요는 캘리포니아 주 전체 전력 수요의 두 배인 500 TWh 를 넘어설 것으로 예상됩니다.<sup>4</sup>

탄소 배출을 제한하고 도시의 대기 질을 향상시키는 분명한 필수 조건으로, 필요한 에너지는 청결하고 재생 가능한 자원에서 나온 것이어야 합니다. COP 23 협약에서 비준됨에 따라 지구의 기온 상승을 섭씨 2 도로 제한해야 하는 필요성 때문에 국가와 기업은 재생 가능 에너지의 비율을 크게 늘려야 합니다. 또한 도시의 무공해 정책은 지역 배출을 줄이고 탄소 기반의 연료 동력 수송을 전기 이동 시스템으로 대체할 필요로 할 것입니다.<sup>5</sup>

이러한 목표에 대한 고객 인식을 높이면 효율적이고 배출이 없는 제품과 서비스에 대한 추가 시장이 형성 될 것입니다. 동시에 친환경 에너지는 적시에 적절한 장소에서 사용할 수 있어야

---

<sup>2</sup> 피치 북

<sup>3</sup> Andrae 와 Edler (2015); Enerdata; 국제 에너지기구

<sup>4</sup> Enerdata; 전문가 인터뷰; 포브스; Gartner; 국제 에너지기구, 미국 에너지 정보국

<sup>5</sup> 예: 함부르크, 런던, 멕시코 시티, 파리, 로마, 타이페이에서 브뤼셀, 브뤼셀에서 발표된 디젤 차량 및 내연 기관 (ICE)에 대한 현지 배출 가스 및 배출 가스 저감 계획. 출처 : 언론 검색

합니다. 이를 달성하기 위한 핵심은 공급으로, 태양광이나 바람과 같은 간헐적인 변동성 재생 가능 에너지를 저장하는 방법을 찾고 저녁엔 가정이나 차량 배터리에 전력을 공급하는 것과 같이, 필요할 때 제로 방출 에너지를 적시에 제공하는 방법을 포함합니다.

배터리와 수소 모두 친환경 에너지를 저장 및 공급할 수 있습니다.

현재 두 개의 주요 에너지 매개체, 배터리와 수소는 깨끗한 전력을 저장하고 제공할 수 있습니다. 배터리는 잘 알려져 있지만 그에 비해 수소는 잘 알려져 있지 않습니다. 그러나 우리는 수소가 배터리의 단점을 보완하는 독특한 이점을 제공할 수 있다고 믿습니다.

---

수소는 배터리의 단점을 보완하는 독특한 이점을 제공할 수 있습니다.

---

배터리는 매우 효율적인데, 이는 배터리 저장이 제한된 에너지 변환 손실을 발생시키기 때문입니다. 오늘날 널리 보급된 배터리는 생산량 증가로 인해 빠른 비용 감소를 보여주고 있습니다. 또한 초기 설치 시 많은 인프라가 필요하지 않으므로 시장에서의 채택이 용이합니다.

수소의 장점은 높은 에너지 밀도 (온보드 수소 저장의 에너지 밀도는 충전식 배터리에 비해 에너지 밀도가 약 10 배 높음)<sup>6</sup> 이는 크고 무거운 차량이나 수직 운송 (예 : 비행 택시)에 전력을 공급하기 위한 완벽한 에너지 벡터가 됩니다. 수소의 높은 에너지 밀도는 장거리 여행을 가능하게 하고 동시에 연료 충전 시간을 오늘날의 디젤 또는 가솔린 차량의 연료 충전 시간에 가깝게 만듭니다. 수소 연료 충전 시간은 급속 충전기를 사용하는 경우에 있어서도 수 배나 빠릅니다.<sup>7</sup> 또한, 수소는 재생 에너지의 초과 생성과 같은 대량의 에너지를 장기간 저장 및 운송할 수 있으므로 그리드 유연성을 제공합니다. 마지막으로, 배터리 충전 인프라를 구축하는 것이 수소 충전소보다 비용이 현재로서는 적게 들지만, 일단 도로에 있는 차량 수가 많아질수록 수소 관련 투자가 더 적어질 것이라고 연구들은 말합니다. 또한 연료 보급 인프라는 대규모로 배치할 경우 배터리 재충전보다 적은 공간을 필요로 하며 이는 충전 시간의 또 다른 이점으로 향후 도시의 주택 또는 녹지 공간을 확보할 수 있습니다.

## 비전: 미래의 도시

상호 연결된 미래의 도시는 최상의 삶을 가능하게 합니다. 편리하고 공유된 교통 수단이 개인 차량을 대체할 것입니다. 자율운행 택시와 셔틀은 공공 고속 열차와 지하철을 보완할 것입니다.

개인용 자동차, 건물은 더 커져서 더 많은 사람들을 위한 주택을 제공할 수 있으며 이전 주차 공간은 녹색 공공 공간이 될 수 있습니다. 개인의 이동성과 물품의 이동은 종종 서로 밀접하게 연결되기 때문에 물품은 대부분 디지털화되고 자율적 인 물류 체인으로 이동하게 됩니다. 디지털화물 운송 프로세스를 통해 소비자는 언제 어디서나 택배를 받을 수 있고, 무인 드론 혹은 차량을 제로 배출 에너지로 제공할 수 있습니다.

도시 위의 공기는 VTOL 택시 및 전기로 구동되는 무인 비행기를 통해 운송되는 제품으로 인해 더 혼잡하게 될 것입니다. 하지만 배출량이 없고 소음이 거의 없는 상태에서 운행될 것입니다.

미래의 도시를 꿈에서 현실로 전환하기 위해 끊임없이 증가하는 에너지 수요를 충족시키려면 분산된 재생 가능 에너지 원과 스마트 에너지 시스템을 연결하는 새로운 방법이 필요함

---

<sup>6</sup> 연료 전지 자동차 (FCEV)의 온보드 수소 저장 용량 2.2 kWh / kg 에 비해 전기 자동차에 사용되는 충전식 배터리의 경우 0.2 kWh / kg (BEV)의 에너지 저장이 가능합니다; 출처: 미국 에너지 효율 및 재생 에너지 국, MCFM

<sup>7</sup> FCEV (예 : Toyota Mirai)의 충전속도는 3-5 분인 것에 비해 60 kWh 배터리의 충전 속도는 500 분 (7.2 kW 일반 충전) 또는 72 분 (50 kW 급속 충전)(예 : Chevrolet Bolt)

니다. 도시는 풍력 발전소와 태양광 발전소 등 분산된 출처에 점점 더 의존할 것이기 때문에 공급과 수요의 변동에 대응할 수 있는 가전 제품과 함께 상호 연결된 스마트 분배 시스템을 필요로 하게 될 것입니다.

모든 데이터 처리 및 모든 ICT 장치 및 응용 프로그램의 원활한 통합은 사용 시점에서 그리 멀지 않은 데이터 센터에서 발생합니다. 지리적인 유연성으로 인해 대기 시간(latency)은 짧아지고 데이터 센터는 친환경 에너지로 운영됩니다.

이러한 모든 발전을 염두에 두고, 우리는 이러한 모든 응용 분야의 에너지 벡터로 작용할 수 있는 수소의 능력이 도시 거주자의 미래 삶을 크게 향상시킬 수 있다고 믿습니다 (자료 1).

자료 1

미래의 도시에서의 우리의 삶은 수소 기반 디지털 기술로 보다 깨끗하고 건강하며 효율적입니다.



# 심층 분석

주요 디지털 활용 분야:  
수소 잠재력 및 영향  
평가



# 심층 분석: 주요 디지털 활용 분야: 수소 잠재력 및 영향 평가

이 섹션에서는 미래의 도시를 현실로 만들기 위해 크게 기여할 수 있는 네 가지 디지털 응용 프로그램에서 수소가 수행 할 수 있는 역할을 보여줍니다.

1. 자율운행 택시 및 셔틀 (셔틀이란 5명 이상의 승객이 탑승한 택시입니다)
2. 디지털화 화물 체인 (창고 및 장거리 운송의 자재 취급에서 승합차 또는 무인 항공기를 통한 최종 전달까지 다양함)
3. VTOL 택시 (비행 택시)
4. 데이터 센터.

디지털 응용에 대한 심층 분석은 개별 기술에 대한 시장 평가를 제시하고 배터리 또는 화석 연료와 비교할 때 기술 적용시 수소의 잠재적 영향을 입증합니다.

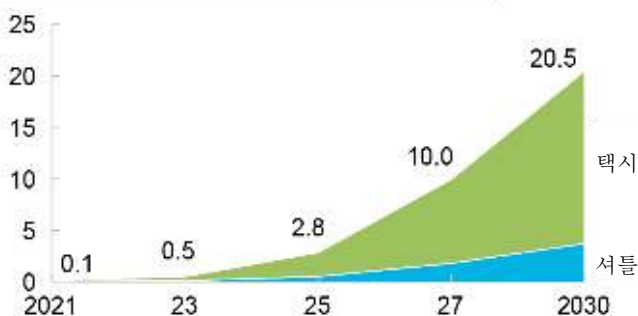
## 활용도 1: 자율 택시 및 셔틀

자율운행 차량(AV)는 더 이상 과학 소설 영화 속 이야기가 아닙니다. 이제 곧 거리에서 운행될 것입니다. 지난 5년간의 자율 주행에 대한 투자는 150억 달러가 넘습니다. 현재 레벨 4의 자율주행 차량은 길 위에서 1,600만번 이상의 킬로미터 테스트를 하였으며, 이 기술은 수 백만번의 킬로미터 테스트 킬로미터를 시뮬레이터로 추가적으로 거쳤습니다. 10개가 넘는 자동차 제조사들은 2020년까지 4등급 자율운행 차량을 출시하고 2025년에는 5등급 차량을 출시할 계획입니다. 2030년의 도로 위에는 2천만대 이상의 자율 택시와 셔틀이 미래의 도시에서 승객을 운송하면서 있을 수 있다고 생각합니다 (자료 2).<sup>8</sup>

자료 2

자율운행 택시가 현실화되고 있다.

자율운행 택시 및 셔틀<sup>1</sup>,  
단위 백 만대



<sup>1</sup> 셔틀 = 카풀 요구로 공유 된 로봇 택시

출처: 블룸버그 전문가 인터뷰; GM; IHS 자동차; 언론 보도; 우버; 웨이모

약 150-200억 달러

5년간 투자금액

1600만 킬로미터 이상

시험

4단계 자율 운행 차량

10+ OEM

그러나 이러한 모든 발전에도 불구하고 AV 기술은 완전한 시장 잠재력을 달성하기 위해 몇 가지 중요한 전제 조건을 충족해야 합니다. 예를 들자면 자율운행 택시와 셔틀은 높은 가동

<sup>8</sup> 전문가 인터뷰; 포브스; IHS 자동차; 언론 검색; 웨이모 ; MCFM



시간을 필요로 합니다. 운전자 쉬는 시간 (또는 다수의 운전자)이나 최적화 경로 찾기가 인공 지능을 통해 이제 필요 없기 때문에 자율 차량은 높은 활용도를 보장하고 높은 초기 자본 투자 비용을 상쇄해 연중 무휴 운영을 가능하게 하는 에너지 벡터가 필요합니다.

빠른 연료 충전은 배터리의 적용 가능성을 좌우증지하는 중요한 요소입니다. 밀집된 도심 지역의 제한된 주차 공간으로 인해 택시를 30분 이상 주차할 수 없으며 도시 외의 전용 연료 보급 / 재충전 지역으로 운전하면 가동 시간이 제한됩니다.

주행에는 5등급 자율운행을 위한 온보드 컴퓨팅 기술에 충분한 전력을 제공하는 고 에너지 밀도 연료가 필요합니다. 5등급 자율주행기술에는 약 1~2kW의 전력 요구량이 필요할 것으로 예상됩니다. 이 수치는 도심 운행의 낮은 평균 속도를 고려하면 에너지 소비를 1/3 이상 증가시킬 수도 있습니다.<sup>9</sup> 에너지 원은 또한 도시 버스를 점점 더 많이 대체 할 더 크고 무거운 차량으로 셔틀 작동을 가능하게 해야 합니다.

### 자동 시스템보다 최대 35% 더 높은 소비량 (1 ~ 2kW)

수소는 자율적인 택시 및 셔틀에 동력을 공급하는 데 이상적인 에너지 벡터로써 세 가지 이점을 제공합니다. 첫째, 높은 에너지 밀도는 더 크고 무거운 셔틀에 운행거리나

수익율을 희생시키지 않으면서 동력을 공급하고 5등급 자율 운행 컴퓨팅 요구 사항을 충족시킬 수 있습니다. 둘째, 수소는 긴 주행거리와 빠른 충전시간을 제공함으로써 높은 가동 시간을 보장합니다. 세 번째로, 연료 보급 기반 시설은 밀집된 도시 지역에 비교적 적은 공간이 필요합니다.

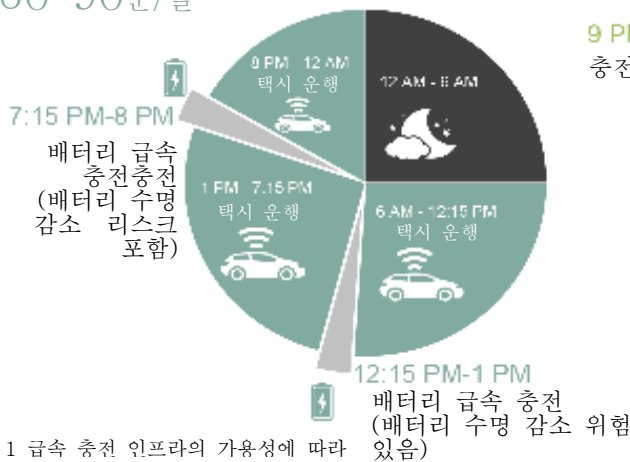
자료 3은 시내 중심가와 공항 간 공항 셔틀을 6:00에서 00:00 사이에 운영하는 예를 보여줍니다.

#### 자료 3

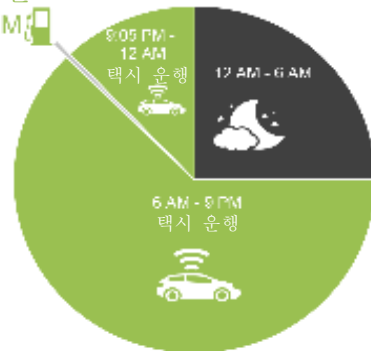
수소가 자율 택시의 에너지 벡터로 사용되었을 시, 긴 정비없이 배터리 충전 및 제로이미션 가능

예 : 공항 셔틀

BEV에 필요한 재충전 시간  
60~90분/일<sup>1</sup>



FCEV에 필요한 재충전 시간  
~ 5분당/일  
9 PM-9:05 PM 충전시간



<sup>9</sup> 시간 당 5.4 kWh 의 소비와 동등한 18 kWh / 100 km 소비 및 평균 속도 30 km / h 의 BEV; 레벨 5 기술로 2 kW 추가 소비 시 35% 증가. 출처: 블룸버그; 전문가 인터뷰; Wired

배터리 작동 식 셔틀은 18시간 동안 2회 연료를 보충해야 함으로 이 기간 동안 60~90분의 작동 중지 시간이 발생합니다. 가동 중지 시간 간격 동안, 그것은 여객 수송의 수익을 창출할 수 없을 것입니다. 이 계산은 또한 빠른 충전을 가정하며 배터리의 수명에 부정적인 영향을 미칩니다.

반면에 수소 셔틀은 99%의 가동률을 보일 것입니다. 충전 사이클은 고작 오후에 1회 (또는 경로에 따라) 반복되며 최대 10분이 소요됩니다. 오후에 단 5분의 충전 시간만 있으면 됩니다. 또한, 이 충전 과정은 평생 내구성 문제 나 비용을 초래하지 않습니다.<sup>10</sup>

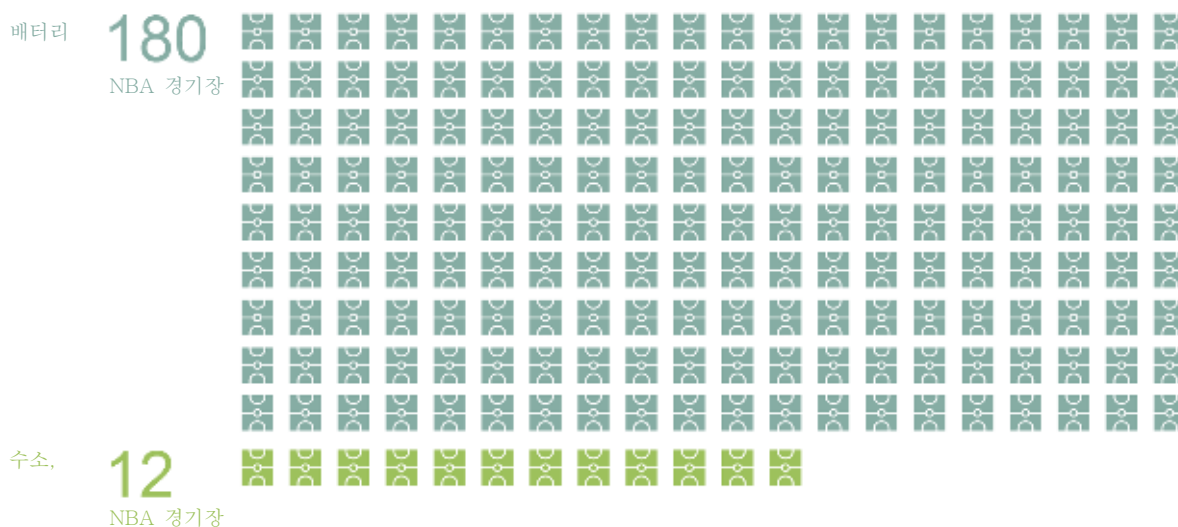
배터리와 수소 충전소의 공간 요구 사항을 비교할 때 수소에 대한 중요한 이점이 있습니다 (자료 4 참조).

#### 자료 4

자율 운행 택시와 셔틀을 위한 에너지 벡터 인 수소는 연료 보급 인프라를 위한 공간이 적습니다.

예 : 뉴욕시 택시<sup>1</sup>

모든 뉴욕의 택시 충전소는 동등한 공간을 차지합니다 ...



1 택시 및 택시 수 : ~ 74,000; 택시 당 연간 마일리지 70,000 마일; 연료 보급 시간 FCEV 0.02 분 / 마일, BEV 0.26 분 / 마일; 1 연료 주입 역 30m<sup>2</sup>; NBA 코트 크기 (436 m<sup>2</sup>, 28.7 x 15.2 m)

출처: EPA; 뉴욕 휘감다. NBA: 뉴욕시 택시 및 리무진위원회; 테슬라

더 빠른 연료 충전 시간으로 인해 유사한 수소 스테이션은 배터리 충전기보다 15배 적은 공간을 차지하게 되며, 이는 충전 시간 연장으로 인해 더 많은 충전소를 필요로 합니다.<sup>11</sup> 자료 4는 뉴욕시에서 택시 이용방법을 보여줍니다. 현재 뉴욕시의 모든 택시가 모두 배터리로 작동할 경우 180개의 NBA 경기장이 필요합니다. 비교해 보면, 수소 택시는 연료 보급소를 위한 고작 12 개의 NBA 경기장만큼의 공간이 있으면 됩니다.

<sup>10</sup> Curbed; EPA; NBA; 뉴욕시 택시 및 리무진위원회; 테슬라; MCFM

<sup>11</sup> Nationale Plattform Elektromobilität (NPE)

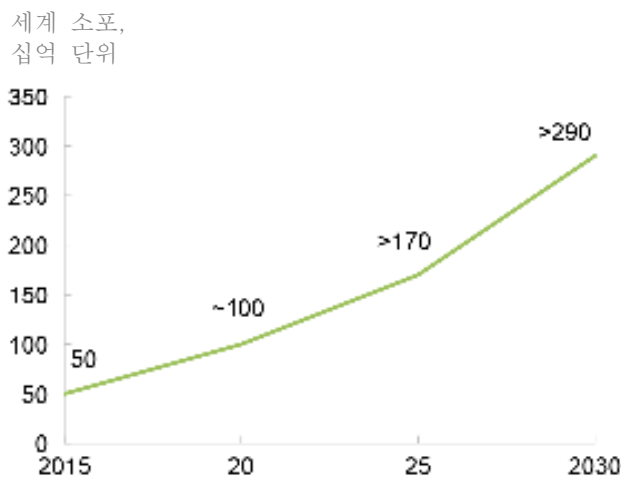
2030년까지 수소와 연료 전지는 판매된 차량의 상당 부분에 동력을 공급할 수 있습니다. 약 1680만대의 자율 운행 택시가 그 시점에 도로에 있을 수 있으며 이는 기준선 역할을 할 수 있습니다. 이 차량들은 2030년까지 약 10 ~ 15%의 수소 도입 비율을 보일 수 있으며, 2030년까지 약 100 ~ 150만대의 수소 차량을 생산할 수 있습니다. 마찬가지로 자율 운행 셔틀의 기준은 약 380만대가 될 수 있습니다. 자율 택시에 대해 동일한 채택률을 적용하면 2030년까지 약 30만에서 70만대의 차량이 생산될 수 있습니다.<sup>12</sup>

## 활용도 2: 화물 체인 디지털화

전자 상거래가 급성장하고 가정 배달 수요가 늘어남에 따라 소비자는 식품을 신선하고 고품질로 유지하는 것과 같이 소비자가 가능한 한 신속하고 자주 상품을 구매하기를 원합니다. 2015년에 서비스는 전 세계적으로 약 50억 개의 소포를 전달했습니다. 2030년에는 약 3,000억개로 증가할 것으로 예상됩니다 (자료 5 참조).

자료 5

빠르게 성장하는 배달업에는 제로 카본 및 제로이미션 에너지가 필요합니다.



### 성장하는 전자 상거래 및 청결한 도시

- 호황기를 맞은 전자 상거래 전달 속도에 대한 수요 증가
- 도시가 반대하는 행동 지역 배출
- 화물 작업 전체 밸류 체인이 친환경적이어야

자율운행 지게차, 트럭 또는 드론은 신속한 비용 효율적인 배송을 위해 연중 무휴 배송을 제공하고 고객의 요구를 충족시킵니다. 동시에 도시들은 중대한 배출 자동차의 진입을 제한하거나 금지를 발표함으로써 지역 배출을 줄이고 대기 질을 향상 시키기 위한 조치를 취하고 있습니다. 디젤 및 내연 기관 (ICE) 자동차, 승합차, 트럭 등을 포함하고 있습니다.<sup>13</sup>

전세계 20 개 이상의 도시에서 미래에 디젤 차량 및 ICE를 금지할 것이라고 발표했는데, 조치 차량에는

예를 들어, 전 세계 20개 이상의 도시에서 앞으로 디젤 차량 및 ICE를 금지할 것이라고 발표했습니다.

<sup>12</sup> MCFM의 기준선; 택시 및 셔틀 채택률을 "Hydrogen-scaling up"(자율 택시의 경우 1.5 ~ 2.0)으로 제로 방출 동력 전달 장치 (BEV)와 FCEV 만으로 가정하므로

<sup>13</sup> 예를 들면, 함부르크, 런던, 멕시코 시티, 파리, 로마, 타이페이에서 브뤼셀, 브뤼셀에서 발표 된 디젤 차량 및 ICE에 대한 지역 배출 가스 및 배출 가스 저감 계획. 출처: 언론 검색

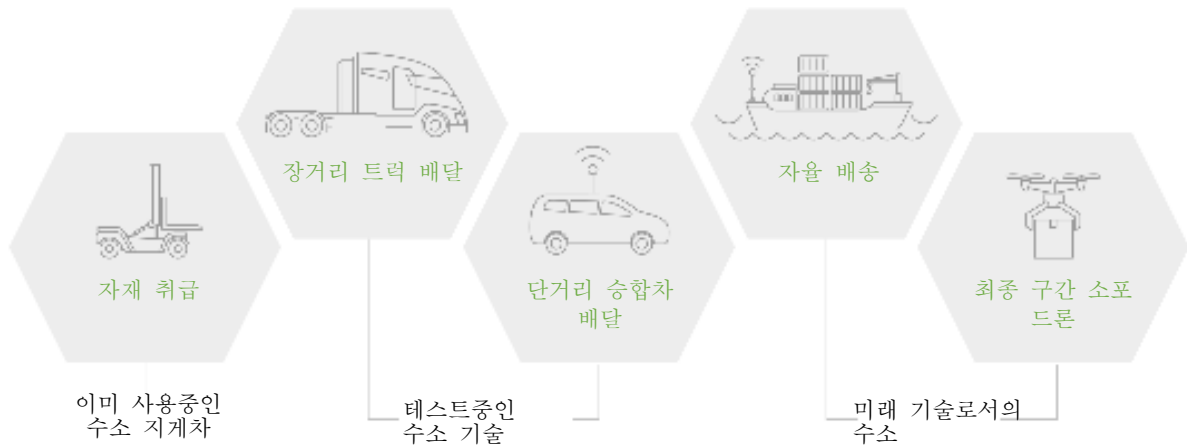
제로 - 배출 (zero-emission)을 만들기 위해, 디지털화된 배달 작업에는 4가지 전제 조건이 필요합니다. 첫째, 점점 더 엄격해지는 많은 도시의 요구 사항을 충족시키기 위해 배달 차량은 점점 지역 배출 가스가 없어야 합니다. 둘째, 자율 운행 트럭이 연중 무휴 운영되고 소유자가 가능한 한 빨리 높은 자본 투자를 회수 할 것이기 때문에 높은 가동 시간과 신속한 재충전시간이 중요한 이점이 될 것입니다. 셋째, 차량은 광범위한 지역 배달 및 장거리 어플리케이션을 가능하게 하기 위해 최대 800km의 거리에 대해 거리 자율성을 요구합니다. 네 번째로 가장 수익을 창출하는 탑재량을 달성하고 값 비싼 드라이브 트레인 무게를 최소화하려면 차량에 가능한 한 가장 높은 연료 에너지 밀도가 필요합니다.

밸류 체인 전체에 있어 무인 항공기는 수소를 사용하여 최종 인도를 담당하는데 창고에서 고객의 문 앞 또는 창문까지 배달함으로써 이러한 요구 사항을 충족시킬 수 있습니다 (별첨 6 참조).

자료 6

수소는 창고에서 문 앞까지 상품을 효율적으로 이동할 수 있습니다.

수소 기술 현황



수소는 이미 지게차와 같은 자재 취급 차량에 동력을 공급하며, 장거리 및 단거리 운송 차량 모두 에너지 벡터로서 혜택을 볼 수 있습니다. 실제로 몇 가지 파일럿 단계 이니셔티브가 이미 존재합니다. 자율 운행 선박 및 최종 구간 소포 드론과 같은 미래의 운임 벡터는 또한 수소 배치를 위한 추가 기회를 제공할 것입니다.

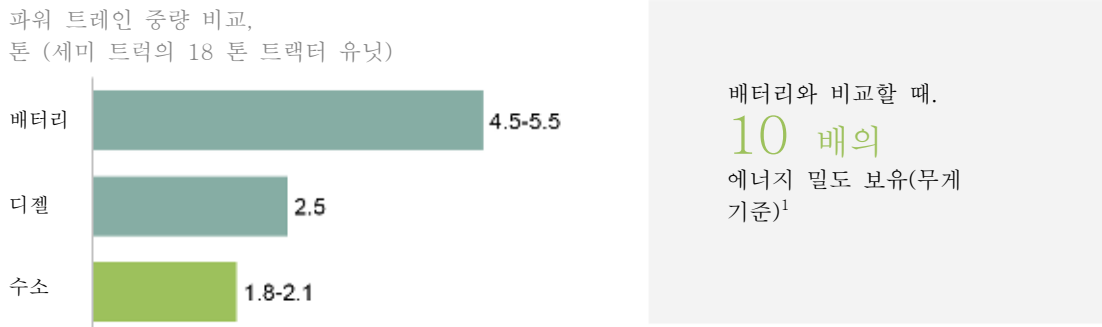
밸류 체인 전반에 걸쳐 수소의 높은 중력 에너지 밀도는 물류 업체에게 상당한 이점을 제공합니다. 예를 들면, 자료 7은 18톤급 트랙터 유닛의 동력 전달 장치 중량을 비교합니다. 참조용으로 디젤 트럭을 사용시, 파워 트레인의 무게는 약 2.5톤에 달합니다. 배터리를 사용하여 동일한 트럭에 전원을 공급할 시, 4.5 ~ 5.5톤으로, 무게가 두 배가됩니다. 하지만 수소 동력 트럭의 무게는 약 1.8 ~ 2.1톤 밖에 되지 않습니다. 무게에 있어 수소 트럭의 이러한 이점은 트럭이 주행하는데 필요한 더 많은 부하와 더 많은 부하를 전달하거나 소비를 감소시킬 수 있습니다.

수소 또는 디젤 구동 트럭과 동일한 페이로드 효율을 달성하려면 현재 배터리의 에너지 밀도를 10배 향상시켜야 합니다.<sup>14</sup>

<sup>14</sup> 참고: 18 톤 트랙터 유닛, 트레일러 포함 최대 40 톤 (트레일러 포함); 디젤 파워 트레인은 ICE 시스템

자료 7

장거리 트럭의 에너지 백터 인 수소는 전동 장치의 무게가 덜 필요합니다.



경량 연료 전지 차량 (FCEV)의 온보드 수소 저장 용량 2.2 kWh / kg에 비해 배터리 전기 자동차 (BEV)에 사용되는 중전식 배터리의 경우 0.2 kWh / kg; 출처: 미국 에너지 효율 및 재생 에너지 국, MCFM  
출처: DOE; Nikola Motors; Bloomberg; Manager Magazin; Sustainable Transportation Lab

에너지 밀도와 별도로, 수소는 장거리 운송 트럭에 대한 시스템 비용 이점을 제공할 수 있습니다(자료 8). 배터리 구동 트럭은 초기 시스템 비용은 낮지만 장거리 운송 트럭의 잠재적 범위로 변환 된 에너지 용량 (kW)으로 측정 한 주행 당 킬로미터 당 비용이 더 저렴합니다.

반면에 연료 전지는 초기 투자면에서 비용이 많이 들지만 에너지 용량이 약 210kW를 초과하거나 범위로 환산되면 약 105km가 되어, 배터리보다 비용 효율이 높아집니다.<sup>15</sup> 국내외화물 운송을 지원하는 데 초점을 맞춘 응용 분야의 경우, 장거리 트럭은 장거리 운송이 가능해야 합니다. 따라서 트럭의 범위와 동력 요구량이 증가함에 따라 수소의 비용 이점이 커지게 됩니다. 자율 운행 트럭으로 전환 시 긴 가동 시간과 높은 활용도를 위해 높은 범위에 대한 필요성이 더욱 높아집니다.

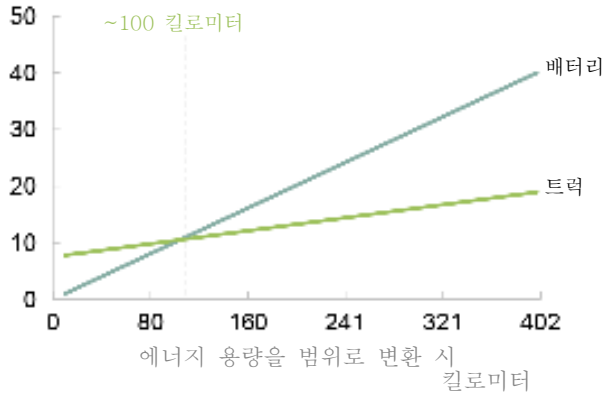
(1,000 킬로그램), 연료 시스템 (1,050 킬로그램), 변속기 (200 킬로그램) 및 배기 (200 킬로그램)를 포함합니다. 배터리 동력 전달 장치에는 감속 기어 (180kg), 전력 전자 장치 (320kg) 및 배터리 (2018년에는 5,000kg, 2030년에는 4,000kg)가 있는 전동기가 포함됩니다. 수소 전동 장치는 감속 기어 (180kg), 전력 전자 장치 (320kg), 배터리 (2018년에는 500kg, 2030년에는 400kg), 수소 탱크 (2018년 ~ 670kg, 2030년 ~ 450kg)를 갖춘 전기 모터를 포함합니다. 연료 전지 (~ 460 킬로그램). 출처: DOE; Nikola Motors; Bloomberg; Manager Magazin; Sustainable Transportation Lab; MCFM

<sup>15</sup> 250 kW 성능의 연료 전지; 배터리 비용은 미화 50 달러 / kWh. 연료 전지는 미화 30 달러 / kW, 수소 탱크는 미화 10 달러 / kWh. 연료 전지 효율 : 70 %; 소비량 5 kWh / 킬로미터. 출처: DOE

자료 8

장거리 트럭의 에너지 백터로써의 수소는 배터리보다 적은 비용으로 많은 양의 에너지를 저장할 수 있습니다.

배터리 대 수소 시스템 비용, 천 달러



~ 100  
킬로미터:  
수소 트럭이 배터리 트럭보다 저렴해지는 이계저

출처: DOE; Hydrogen - scaling up

2030년엔 수소 운송 트럭이 약 3~4백만대까지 될 수 있습니다. 여기에는 장거리 운송을 위한 중대형 트럭이 포함됩니다. 2030년에는 전 세계적으로 약 2,20만대가 판매될 예정입니다. 2030년 수소 채택률을 약 1%로 가정시 중형 및 대형 수소 연료 트럭이 약 8만대에 달할 것으로 예상됩니다. 또 다른 잠재적인 부분은 마지막 최종 구간 운송을 위한 단거리 수송 승합차량을 포함합니다. 2030년에 전세계 차량 기준은 대략 1억 5,500만대가 될 것으로 예상됩니다. 2030년에 수소 채택률이 판매량의 약 6%에 될 시, 수소 승합차량은 총 350만대 가량으로 이어질 것입니다.<sup>16</sup>

더욱이 2030년까지 총 차량 수는 약 850만대중 약 350,000대의 수소 지게차가 있을 수 있으며, 전체 수소 채택률은 판매량의 약 4%입니다.<sup>17</sup> 수소 연료 전지는 또한 최종 운송 구간을 위한 배달 드론 13만~20만대에 동력을 공급할 수 있습니다. 이 추정치는 2030년에 약 2,900억개의 패키지를 고려하며, 10%는 소포 급이고 10%는 무인 항공 운송입니다. 수소 동력에 의한 무인 항공기 추정은 총 3,000건의 연간 인도를 가정 한 시나리오의 결과입니다. 무인 항공기 및 수소 채택률은 약 20 ~ 40%입니다.

활용도 3: VTOL 택시

VTOL 택시는 신속한 승객 운송을 제공하는 맞춤형 제로에미션 항공 서비스를 지원합니다. 이 기술의 경제적 가치는 특히 로스앤젤레스와 같이 혼잡한 도시 지역에서 특히 높습니다. 로스앤젤레스의 주민들은 1년에 100시간 이상 도로 위에서 정체되어 있습니다.<sup>18</sup> 주민들은 여행 시간을 상당히 단축할 수 있습니다.

또한 VTOL은 교외의 주요 도시로의 통근을 보다 편리하게 만들 수 있으므로 도심 가까이에서 살 필요가 줄어 듭니다. 아직 파일럿 단계에 있지만 2030년엔 2만대 이상의

2030년엔 2만대 이상의 VTOL이 하늘을 날 수 있을 것으로 예상됩니다.

<sup>16</sup> Baselines from IHS Markit; adoption rates from “Hydrogen - scaling up”

<sup>17</sup> Baseline from IHS Markit; adoption rate from “Hydrogen - scaling up”

<sup>18</sup> INRIX

VTOL이 하늘을 날 수 있을 것으로 예상됩니다.<sup>19</sup>

현재 80개 이상의 기업이 해당 기술을 개발 중입니다. 대부분의 경우 신생 기업이지만, 주요 이동성 관련 기업들은 연구 활동을 VTOL 기술에 투자하고 있습니다. 예를 들어, Uber는 2023년 3개의 도시에서 Uber Elevate 서비스를 시작할 계획입니다 (표 1 참조).

수소는 VTOL 택시에 동력을 공급하는 에너지 벡터로 사용될 때 네 가지 별개의 이점이 있습니다. 첫째, 높은 에너지 밀도는 차세대 VTOL이 자율적으로 될 때 수직 전송 및 컴퓨팅 요구 사항을 지원하는 데 도움이 됩니다. 부가적으로 자율 항공 운송에 대한 컴퓨팅 요구 사항은 자동차용 컴퓨팅 요구 사항을 능가할 것으로 보입니다. 둘째, 높은 에너지 밀도로 인해 수소는 가동 시간을 극대화 할 수 있는 높은 가동 시간을 제공하므로 완전히 새로운 산업을 개발하고 설정하는 데 필요한 높은 초기 투자를 상쇄합니다. 높은 가동 시간은 또한 배터리 VTOL로 서비스할 수 없는 추가 경로를 열어 장거리 기능으로 전환합니다. 셋째, 배터리에서 볼 수 있는 동력 전달 장치 수명 단축의 위험 없이 신속하게 수리할 수 있습니다.



마지막으로, VTOL은 완전히 새로운 이륙 및 착륙 인프라, 즉 지형(vertiports)의 설치가 요구됩니다. 지형은 도시에서 지붕을 사용하기 때문에 가능한 공간이 제한적입니다. 수소를 에너지 벡터로 사용하면 공간을 효율적으로 사용할 수 있습니다. 여러 OEM의 VTOL에 쉽게 연료를 보급할 수 있으며 충전 시간이 단축되어 필요 공간이 작아집니다. 반대로 배터리 VTOL을 위한 버터 포트 인프라를 구축하려면 더 긴 충전 시간으로 인해 더 많은 공간이 필요하거나 각 OEM의 여러 예비 배터리에 대한 특수 배터리 보관실이 필요하므로 더 많은 투자가 필요합니다.

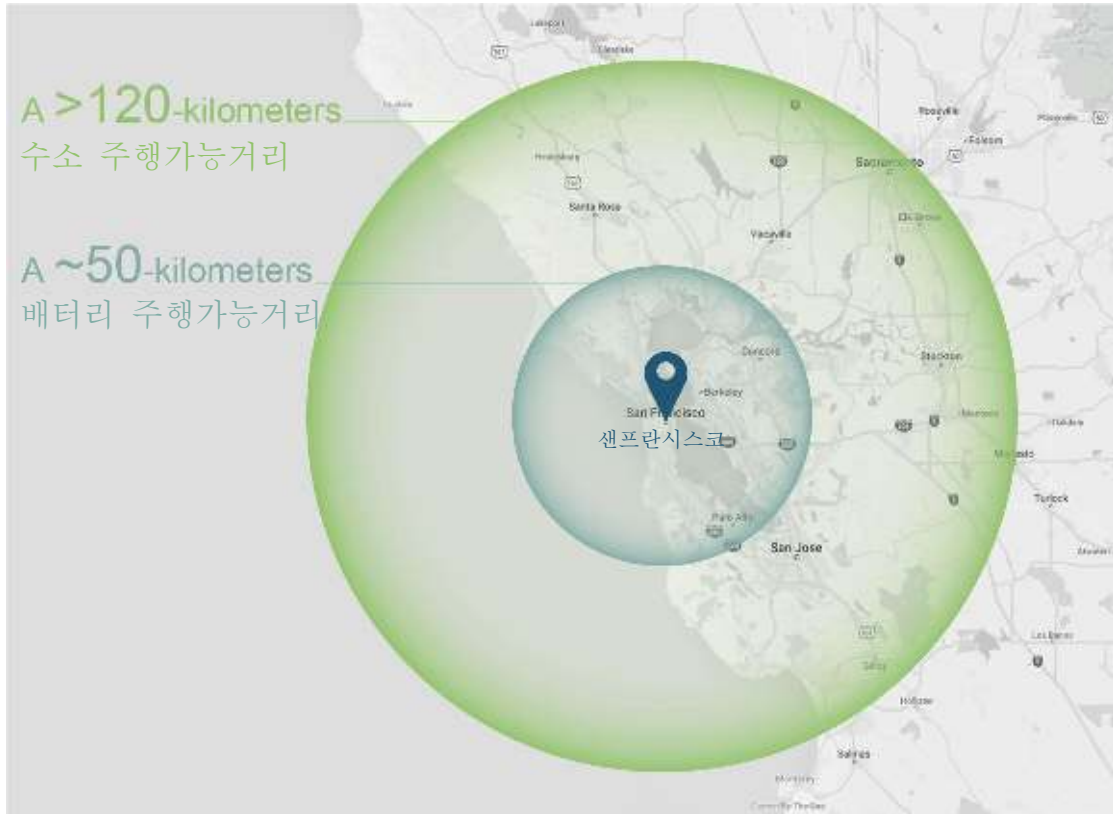
높은 에너지 밀도의 이점을 설명하기 위해 VTOL의 범위에 미치는 영향을 고려해볼 필요가 있습니다. 이는 샌프란시스코와 팔로 알토간에 한 번 비행하는 데 충분하지만 한 번 비행 후에 충전 또는 배터리 교체가 필요합니다. 더 나은 에너지 밀도로 인해 수소로 작동하는 VTOL은 배터리 VTOL보다 2~3배 높은 범위에 도달 할 것으로 예상됩니다. 120km가 넘는 범위에서는 수소 VTOL이 샌프란시스코(예 : San Francisco)를 새크라멘토(Sacramento)로 보완하거나 재충전할 필요 없이 여러 경로를 운항할 수 있습니다. 예를 들어, 인프라를 설치

<sup>19</sup> MCFM

하지 않고도 목적지에 도달할 수 있습니다.<sup>20</sup>

자료 9

VTOL을 위한 에너지 벡터 수소는 재충전없이 더 긴 항로를 허용합니다.



높은 에너지 밀도는 또한 온보드 에너지 저장 장치의 무게를 감소시킵니다. 샌프란시스코와 팔로 알토 사이에서 총 240킬로미터에 해당하는 5회 비행을 완료할 수 있는 배터리 동력 전달 장치에 대한 중량 요구 사항을 계산하면 정점 전송 중 재충전을 고려해 볼 때도 예상되는 동력 중량이 800 킬로그램을 초과하게 됩니다.

수소는 더 높은 가동 시간, 더 긴 범위 및 더 많은 승객을 위해 더 가벼운 동력 전달 장치를 가능하게 합니다.

수소 파워 트레인 중량 밀도가 높기 때문에 500 킬로그램 정도가 필요합니다. 따라서 파워 트레인의 절감 효과는 수백 킬로그램에 달할 수 있으며 가동 시간을 늘리고 더 긴 거리를 확보하거나 더 많은 승객을 운송하여 매출을 증가시킬 수 있습니다.<sup>21</sup>

전세계에 약 20,000개의 VTOL이 있을 경우, 2030년엔 약 4,000-8,000개의 VTOL이, 운행

<sup>20</sup> VTOL 회사의 전문가 인터뷰에서 범위 평가.

<sup>21</sup> 가정 : 배터리 VTOL의 400Wh / kg에서의 에너지 밀도, 수소 VTOL의 700Wh / kg; 샌프란시스코에서 팔로 알토 : 50 킬로미터; 시간당 100 킬로미터의 순항 속도; 최소 배터리 안전 예비 30 분; 이륙 / 착륙 전력 각 1.5 분 동안 650kW; 기내 소비 2.25 킬로미터 당 킬로와트; 350kW에서 5 분 충전으로 10 분간의 이동 시간. 높은 에너지 밀도를 가진 더 효율적인 배터리를 육로 운송에 가정 출처: Airbus; Bartini; DOE; Elevate; expert interviews; Porsche Consulting; Uber; MCFM



VTOL의 20-40 %의 수소 채택율을 고려, 수소로 구동될 수 있음을 의미합니다.<sup>22</sup>

#### 활용도 4: 데이터 센터

데이터 센터는 사실상 모든 디지털 추세의 증추를 대표하며 많은 양의 에너지를 필요로 합니다. 자료 10은 데이터 센터의 전반적인 에너지 소비 동향을 보여줍니다. 2020년까지 데이터 센터들은 약 500 TWh를 필요로 하며 대부분의 에너지 공급은 기존 에너지 원에서 발생합니다. 향후 10년 안에는 이 수요는 두 배가 될 것이며 독일의 에너지 수요의 두 배에 해당합니다.<sup>23</sup>

#### 자료 10

모든 디지털 트렌드의 전신인 데이터 센터는 다량의 친환경 에너지를 필요로 합니다.



전체 운영 비용 (전체 운영 비용의 30-50%)에서 높은 에너지 비용으로 인해 데이터 센터는 현장에서 전기를 생산하고 있습니다. 그러나 지리적 배치 제한은 최종 사용자와의 근접성 (대기 시간 단축)과 국가 경계 (정치적 갈등을 피하기 위해)와 같은 이러한 에너지를 제한합니다. 데이터 센터는 풍력에 대한 접근성이 좋지만, 예를 들어 공급 변동의 균형을 맞추기 위해 공급된 수력 저장소에 접근하지 못할 수도 있습니다.

수소는 데이터 센터의 에너지 벡터로 사용될 때 여러 가지 이점을 제공합니다. 데이터 센터에 있어 수소는 반응적이고 다기능하며 그 위치에 상관없이 사용할 수 있습니다. 또한, 변동 가능한 재생 가능 에너지 원의 균형을 유지하고 저장하는 방법을 제공하며 필요할 때 데이터 센터에 친환경 에너지를 사용합니다. 셋째, 재생 에너지로부터 장기간의 잉여 에너지를 효과적으로 저장할 수 있습니다. 능력있는 출처가 그리드의 균형을 맞출 수 있습니다. 전력 생산을 위한 에너지 원 이외에도 수소는 데이터 센터의 서버 냉각에 사용될 수도 있습니다. 저장된 액화 수소는 연료로 사용되기 전에 서버를 냉각시키는 데 사용될 수 있습니다. 또한 수소 연료 전지 또는 H<sub>2</sub> 가스 터빈은 흡수식 냉동기를 통한 냉각에 사용될 수 있습니다.

에너지 원으로서의 수소는 데이터 센터의 에너지 벡터로 사용될 때 여러 가지 이점을 제공합니다

<sup>22</sup> 전문가 인터뷰

<sup>23</sup> Enerdata; 전문가 인터뷰; 포브스; Gartner; 국제 에너지기구.

사용자는 데이터 센터를 위한 에너지 백터로 수소를 배치할 수 있습니다. 정전 시 데이터 센터에 전력을 공급하기 위한 이상적이고 다양한 예비 에너지 원이기도 합니다. 그리드가 다운되면 예를 들어 디젤 발전기처럼 친환경 연료가 추가되는 이점을 제공하면서 연료 전지가 가동되도록 할 수 있습니다. 우리의 연구에 따르면 수소는 2030년에 약 1TWh의 예비 전력을 제공할 수 있습니다(즉, 예비 전력의 20% 시장 점유율, 즉 약 2일의 PA).

궁극적으로, 수소는 데이터 센터의 주요 에너지 원이 될 수 있습니다. 예를 들어 Microsoft는 현재 서버 중 하나의 주요 전력으로 20×10kW 연료 전지 시스템을 테스트하고 있습니다. 데이터 센터의 연료 전지는 현재 천연 가스를 공급 원료로 사용하지만 미래에는 수소로 전환할 수 있습니다.

# 요약

수소는 CO<sub>2</sub> 중립성장을 육성할 수 있는 강력한 잠재력을 지니고 있습니다.- 다양한 응용 분야에 청정 에너지를 공급함으로써 운송, 산업 및 도시에서의 중립적 성장을 이끌 것입니다.

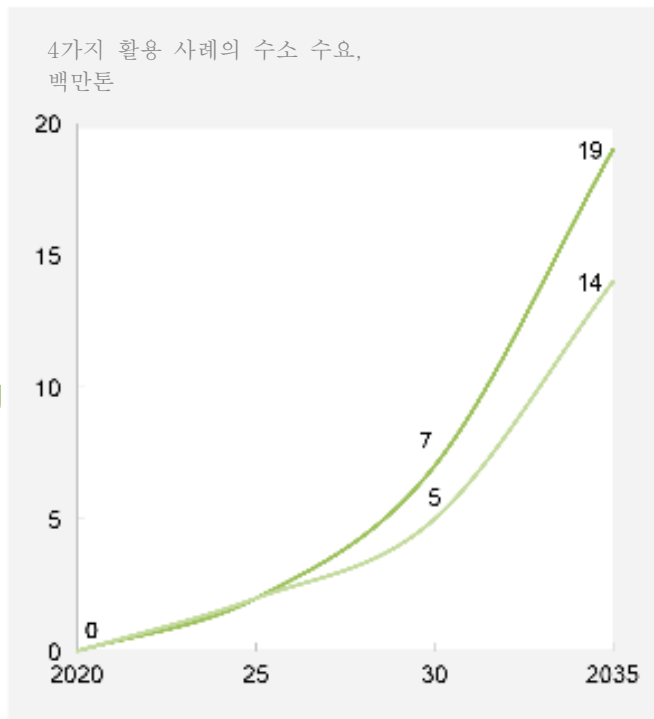
미래 도시의 네 가지 기술을 예로 들었든, 보고서는 수소가 새로운 기술을 가능하게 하고 도시 생활을 보다 깨끗하고 건강하며 효율적으로 유지할 수 있고 또한 배터리를 보완할 수 있는 방법을 보여줍니다. 자율 운행 택시 및 셔틀, 디지털 화물 체인, VTOL 택시 및 데이터 센터 등 4가지 용도에 대해 수소는 연간 약 5-7백만톤의 수소 수요를 충족시켜 약 550만 ~ 650만개의 연료 전지의 동력을 공급할 것입니다. (자료 11 참조).

자료 11

4가지 사용 사례의 경우 2030년까지 수소 수요가 5-7백만 톤으로 증가할 수 있다는 것을 보여줍니다.

2030년, 수소는

 <b>약 100~150만대</b> 자율 택시를 운행할 수 있습니다.	 <b>약 30~70만대</b> 자율 셔틀을 운행할 수 있습니다.
 <b>약 300~400만대</b> 자율 택시를 운행할 수 있습니다.	 <b>약 130~260천대</b> 신속한 택배를 위한 드론을 운행할 수 있습니다.
 <b>약 4~8천대</b> 수직 이륙 및 착륙 택시 (VTOL).	 <b>약 1TWh</b> 데이터 센터의 예비 전력을 공급할 수 있습니다.



여기에 설명 된 기술은 미래 지향적이고 현재의 의제를 넘어서는 것처럼 보일 수 있지만 엄청난 잠재력은 시장 모멘텀을 촉진합니다. 실제로 이러한 모든 기술은 현재 개발 및 시연 단계에 있습니다. 따라서 다재다능하고 탄소를 배출하지 않는 에너지 원의 필요성을 공유합니다.

많은 경우에 있어서, 첫 번째 프로젝트는 배터리는 쉽게 이용 가능하고 기업들이 기술을 시장에 출시하기 위해 경쟁하고 있기 때문에 수소 연료 전지보다는 배터리 전원을 사용하고 있는 상황입니다. 그러나 수소 기술은 현재 존재하고 상용화될 준비가 되어 있습니다. 이러한 수소 기반 솔루션이 제공하는 강력한 혜택을 고려할 때 새로운 기술을 도입할 때 우리는 참여자들이 시장을 형성하고 표준을 설정하고 있는 지금이 참여해야 할 때라고 믿습니다. 주요 승용차 나 가정용 에너지 사용과 같은 기존의 연료 전지 응용 분야 중 일부는 인프라 구

축에 주요 장벽으로 작용합니다. 그러나 자율운행 차량(AV) 또는 VTOL과 같은 신기술의 경우 초기 인프라 요구 사항이 제한적이고 소수의 수소 충전소로 대규모 자치 차량을 가동할 수 있습니다.

수소위원회는 맑은 녹색 수소가 앞으로 수십 년 동안 나타날 새로운 에너지 수요의 많은 부분을 충족시킬 수 있다고 확신합니다. 우리는 오늘날 새로운 경제의 개척자들과 함께 이러한 어플리케이션을 공동 개발할 준비가 되어 있습니다.

## 용어

AV	자율주행 차량 (autonomous vehicle)
BEV	배터리-전기 차량 (battery-electric vehicle)
FCEV	연료전지 전기 자동차 fuel cell electric vehicle
ICT	정보통신기술 (information and communication technology)
IEA	국제 에너지기구 (International Energy Agency)
kWh	시간 당 킬로와트 (kilowatt hour)
MCFM	미래 이동가능 메가 줄을 위한 맥킨지 센터
MW	megawatt
OEM	주문자 상표 부착 생산
PEMFC	양자 교환막 연료 전지
SOFC	고체 산화물 연료전지
ton	톤 (1,000 킬로그램)
TWh	시간 당 테라와트
VTOL	수직 이륙 및 착륙 택시

# 참고 문헌

- 에어버스, "CityAirbus 시험기, 주요 추진력 테스트 단계 통과," 2017년 10월
- Andrae와 Edler, "통신 기술의 글로벌 전기 사용법 : 2030 트렌드, "도전 과제, Vol. 6 (1), pp. 117-157, 2015
- Bartini, "기술 사양", 2018
- 블룸버그, "운전자없는 자동차는 엔지니어에게 연료 경제의 두통을 안겨주고 있다", 2017년 10월
- 블룸버그, "마이크로 소프트는 연료 전지에 배가 고프다", 2017년 10월
- 블룸버그, "테슬라의 최신 약속, 배터리의 법칙 위반", 2017년 11월 시스코, "시스코 글로벌 클라우드 인덱스 : 예측 및 방법론, 2016-2021, "2018년 2월 Curbed,"Uber 및 Lyft 자동차가 4대 NYC의 Yellow Cabs보다 우수 ", 2017년 1월
- 데이터 센터 지식, "Microsoft가 클라우드를 데이터 센터보다 효율적으로 유지하는 방법", 2018년 5월
- 디지털 부동산, "데이터 센터 운영 / 소유 비용", 2013년 3월
- DOE (미국 에너지 부), "경량 차량을위한 온보드 수소 저장을위한 DOE 기술 목표", 2018
- DOE (미국 에너지 부), "DOE 기술 대상 연료 전지 시스템 및 운송 응용 프로그램 스택", 2018
- Enerdata, "전기 국내 소비", 2018년 6월
- Enerdata, "세계 에너지 통계", 2018년 6월
- EPA, "연료 경제", 2018년 7월
- 포브스, "Waymo는 로봇 자동차 테스트에서 수백만 마일 앞서고 있습니다. 더 많은 것이 필요합니까? “ 2018년 3월
- Forbes, "왜 데이터 센터에서 에너지 문제가 커지고 급속히 커지고 있는가?", 2017년 12월
- Gartner, "예측 : 데이터 센터, 전 세계, 2015-2022, 2018년 업데이트, "2018년 5월
- 대 런던 당국, "시장의 런던을 가장 친환경적인 도시로 만들기 위한 대담한 전략", 2018년 5월
- 수소위원회, "수소 확장 - 지구의 에너지 전환을 위한 지속 가능한 방법", 2017년 11월
- 현대, "E-Mobil 2.0 : Der Nundo and Brennstoffzellenantrieb ", 2018년 6월
- IHS 자동차, "IHS 자동차 경자동차 판매", 2018년 6월 IHS Markit, "상업용 차량 시장 실적", 2018년 6월 INRIX, "INRIX 글로벌 교통 성과 기록표", 2018
- Intellect UK, "데이터 센터 및 전력 : 사실인가 허구인가? “ 2012 국제 에너지기구, "에너지

기술 전망", 2017 국제 에너지기구, "세계 에너지 전망", 2017

Manager Magazin, "Tiras Bereits über Teslas Elektro-Truck Wissen", 2017년 11월

McKinsey 미래 이동성 센터 (MCFM), "배터리 저장소가 전기 자동차 시장을 충전하는 방법", 2018년 2월

McKinsey 미래 이동성 센터 (MCFM), "자율 주행에 대한 관점", 2018년 5월

Nationale Plattform Elektromobilität (NPE)

Navigant Research, "Microsoft는 연료 전지를 세계 최초의 가스 데이터 센터 코어에 적용", 2017년 10월

NBA, "게임 코트", 2002년 9월

뉴욕시 택시 및 리무진위원회, "Taxicab Factbook" 2014 뉴욕시 택시 및 리무진위원회, "TLC Factbook", 2016년 Nikola Motor, "Nikola Motor FAQs", 2018

PitchBook Data Inc., "금융 평가," 2018년 7월

포르쉐 컨설팅, "수직 이동 장비의 미래," 2018

워싱턴 대학 지속 가능 운송 연구소 "테슬라 세미 (Tesla Semi)는 물리 법칙을 무시하는가?" 2018년 2월

Tesla, "S 모델", 2018년 7월

수직 비행 학회, "The eVtol News", 2018

Uber Elevate, "미래의 온-디맨드 도시 항공 운송으로 빨리 감기", 2016년 10월

Waymo, "On the Road", 2018년 7월

Wired, "자가 운전 자동차는 터무니 없는 양의 에너지를 사용하고, 이것은 문제가 되고 있다" 2018년 6월

zdnet, "데이터 센터 소유주들의 힘든 에너지 비용 결정", 2013년 4월