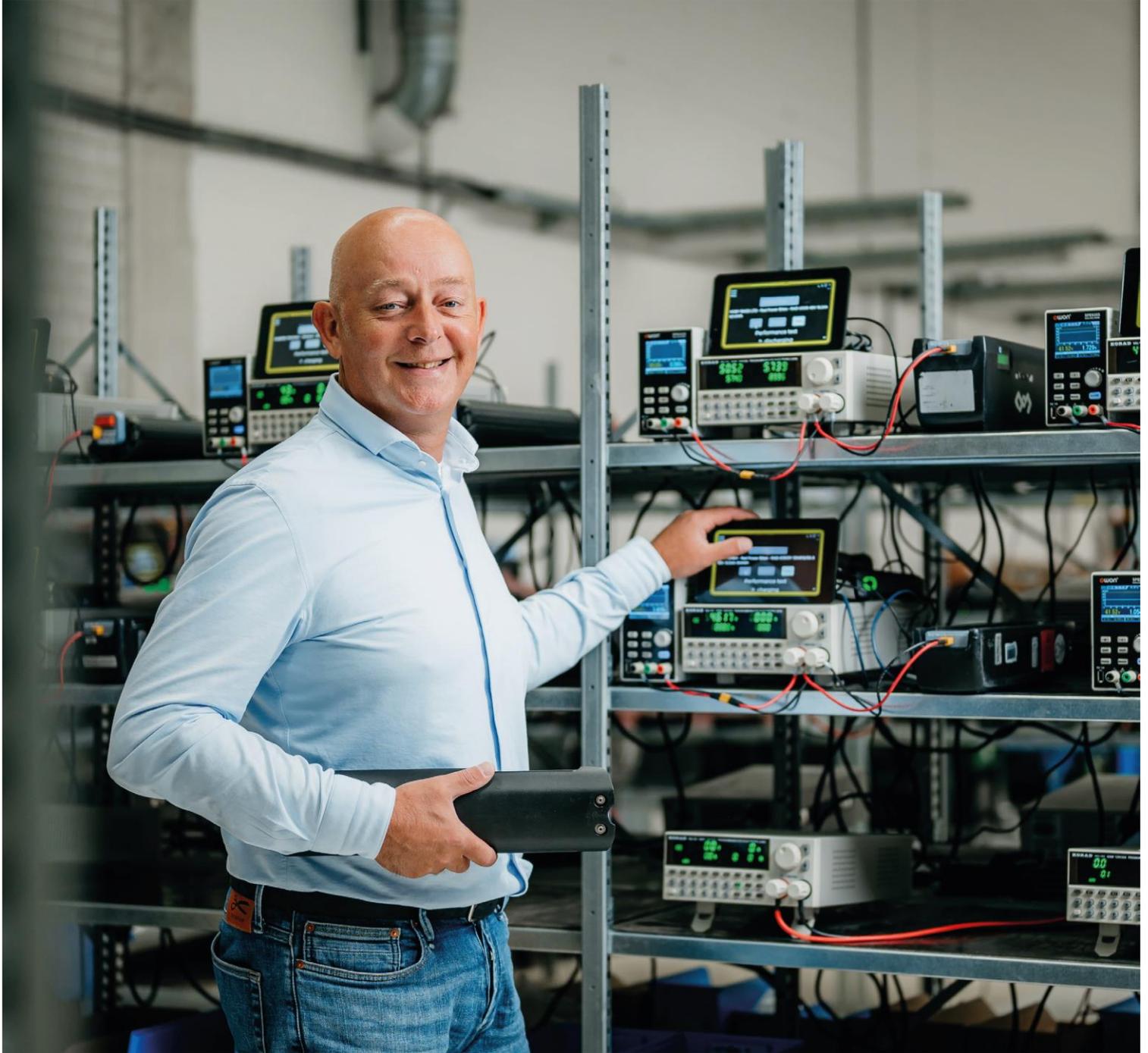


순환형 배터리 미래를 충전하다

지속가능하고 회복탄력적인 가치사슬을 위한 협력



NL

네덜란드



사진: John Cameron

목차

순환형 배터리의 도전과 기회	9
순환형 배터리 가치사슬로의 전환	17
네덜란드: 미래 순환형 배터리를 향한 길을 열다	25
순환형 배터리 가치사슬을 촉진하는 네덜란드 주요 기관	33
관련 네덜란드 기업 및 기관 소개	40

서문

배터리는 화석연료에 의존하지 않는 지속가능한 저탄소 경제로의 전환에서 핵심적인 기술이다. 배터리는 모빌리티, 에너지 시스템, 그리고 우리 경제 전반의 전기화 과정에서 중요한 역할을 한다. 그러나 배터리의 생산과 폐기 과정은 여전히 환경적·경제적 과제를 안고 있다. 네덜란드는 이러한 과제를 기회로 전환하고자 하며, 이를 위해 소재의 효율적 재사용, 폐기물 최소화, 그리고 회복력 있고 지속가능하며 국제 경쟁력을 갖춘 가치사슬을 기반으로 하는 순환형 배터리 생태계(circular battery ecosystem) 구축에 힘쓰고 있다.

이러한 전환의 기반이 되는 것이 네덜란드 배터리 전략(Dutch Battery Strategy)이다. 이 정책 프레임워크를 통해 네덜란드는 혁신을 촉진하고, 순환형 설계를 장려하며, 배터리 가치사슬 전반에 걸친 협력을 강화하고 있다. 네덜란드는 2030년까지 순환형 배터리 분야에서 중요한 허브가 되는 것을 목표로 하고 있다. 이 목표의 핵심에는 국제 협력이 있다. 지속가능한 해결책의 개발을 가속화하고 전 세계적인 경제적 기회를 창출하기 위해서는 국가 간 협력이 필수적이기 때문이다.

네덜란드의 배터리 생태계는 역동적이고 다양하며, 전문성, 탄탄한 인프라, 그리고 기업가 정신이 결합된 독특한 구조를 갖고 있다. 혁신 기업, 연구기관, 스타트업들이 배터리 가치사슬 전반에 걸쳐 협력하고 있다. 네덜란드는 특히 첨단 소재 및 배터리 화학기술 연구개발, 차세대 배터리 시스템 설계 및 조립, 배터리 세컨드 라이프(재사용) 응용 기술, 그리고 핵심 소재를 회수하는 첨단 재활용 기술 개발에 집중하고 있다.

또한 공공-민간 파트너십과 혁신 허브는 이러한 다양한 주체들을 연결하여 지식 교류를 촉진하고, 혁신 기술의 확산을 가능하게 하며, 새로운 순환형 비즈니스 모델의 출현을 지원한다. 이러한 통합된 생태계를 통해 네덜란드는 국제 협력의 신뢰할 수 있는 파트너이자 선도적인 순환형 배터리 솔루션 공급 국가로 자리매김하고 있다.

이 가이드를 통해 네덜란드 순환형 배터리 생태계가 제공하는 다양한 기회를 살펴보길 바란다. 네덜란드와 협력한다면 우리는 순환형 배터리를 대규모로 발전시키고 경제적 가치를 창출하며, 지속가능하고 회복력 있으며 혁신적인 배터리 가치사슬에 대한 글로벌 기준을 함께 만들어갈 수 있을 것이다.

Dr. Afke van Rijn

Director-General

for the Environment and International Affairs

at the Ministry of Infrastructure and Water Management



세계적인 에너지 전환은 빠르게 가속화되고 있다. 전 세계적으로 각국은 공통된 과제에 직면해 있다. 즉, 모빌리티와 산업의 탈탄소화, 에너지 시스템의 강화, 그리고 전략적 의존도의 감소이다. 배터리 기술은 이러한 전환에서 핵심적인 역할을 한다. 배터리는 그 자체가 목적이 아니라, 지속가능하고 경쟁력 있으며 회복력 있는 경제를 가능하게 하는 핵심 기반 기술이다. 이 섹터 가이드를 통해 네덜란드는 이러한 공동의 목표를 향한 노력에서 국제적 파트너로서의 역할을 분명히 하고 있다.

네덜란드는 개방적이고 혁신적이며 강하게 국제 지향적인 생태계를 갖추고 있다. 네덜란드의 강점은 단순한 규모에 있는 것이 아니라, 높은 수준의 지식 역량, 시스템 통합 능력, 응용 중심의 혁신, 그리고 공공-민간 협력에 있다. 중대형 모빌리티, 배터리 및 에너지 시스템, 소재, 생산 공정, 그리고 순환경제 분야에서 네덜란드 기관들은 국제적으로 차별화된 가치를 제공하고 있다. 이 섹터 가이드는 이러한 전문성이 어디에 있는지, 그리고 네덜란드 파트너와의 협력이 공동의 목표 달성에 어떻게 기여할 수 있는지를 보여준다.

Battery Competence Cluster – NL (BCC-NL)은 이러한 국제적 연결을 적극적으로 강화하기 위해 설립되었다. BCC-NL은 기업, 연구기관, 정부를 하나로 연결하며, 네덜란드 배터리 생태계를 유럽 및 글로벌 발전 흐름과 연계하고 있다. 이를 통해 유럽 정책 프레임워크, 국제 가치사슬, 전략적 파트너십과의 정합성을 확보하고 있다. BCC-NL은 배터리 기술 분야에서 혁신, 스케일업, 시장 확대를 위해 네덜란드와 협력하고자 하는 조직들에게 중요한 관문 역할을 한다.

이 섹터 가이드는 하나의 **초대장**이다. 신뢰할 수 있는 협력, 공동 혁신, 지속가능한 해결책을 찾고 있는 국제 기업, 정부, 투자자, 그리고 연구 파트너들에게 보내는 초대이다. 이 가이드는 네덜란드 배터리 산업의 구조와 중점 분야, 그리고 협력 가능성을 제시한다. 연구와 혁신에서부터 산업화, 그리고 순환경제에 이르기까지 다양한 협력 조건을 이해할 수 있도록 돕는다.

오늘날 우리가 직면한 거대한 전환은 국경을 넘는 협력, 상호 신뢰, 그리고 장기적인 헌신을 요구한다. 네덜란드는 의도적으로 개방성과 파트너십을 선택하고 있다. 우리는 지식을 공유하고, 위험을 함께 관리하며, 미래 지향적인 가치사슬을 공동으로 구축할 때 진정한 진보가 이루어진다고 믿는다.

네덜란드, 유럽, 그리고 전 세계에서 함께 의미 있는 변화를 만들어갈 수 있는 방법을 탐색하기 위해 여러분이 우리와 협력하기를 진심으로 초대한다.

Mustafa Amhaouch

Director Battery Competence Cluster – NL



본 가이드는 순환형 배터리 분야에서 활동하는 네덜란드 주요 기관 및 기업을 소개하며, 전 세계 정부 및 관련 기관에 유의미한 시사점을 제공한다.

순환형 배터리로

미래를 충전하다

배터리는 수십 년간 사용되어 왔지만, 최근 그 전략적 중요성은 크게 확대되고 있다. 간단히 말해, 저탄소 전력·교통·물류를 기반으로 하는 기후중립 사회로의 전환은 전례 없는 수준의 배터리 용량 확대와 생산 증대를 요구한다. 이러한 배터리 수요의 급증은 특히 탈탄소화를 추진하고 파리협정 목표를 달성하고자 하는 모빌리티 부문의 움직임에 의해 촉진되고 있다. 그러나 배터리 공급 확대는 환경적·사회경제적·지정학적 측면에서 다양한 과제를 수반한다.

배터리는 채굴, 생산, 유통에 이르기까지 전 세계에 걸친 공급망을 통해 이동하며, 이 과정에서 생태계와 지역사회에 상당한 부정적 영향을 미치고 있다. 전 세계 정부와 기업은 제한된 자원으로 더 많은 성과를 창출해야 하는 과제에 직면해 있으며, 회복탄력적인 공급망을 확보하기 위해 신속하고 지역 기반의 대응을 요구받고 있다. 이는 배터리 산업에서 순환경제로의 전환을 강하게 촉진하는 요인이 되고 있다.

순환 전략은 자원 효율성 및 자원 회수, 환경 보호, 나아가 안전성 측면에서 대부분, 경우에 따라서는 모든 목표를 달성할 수 있는 수단이 될 수 있다. EU에서는 2023년 「EU 배터리 규정」이 발효되어, 회복탄력적이고 경쟁력 있는 배터리 산업에 있어 순환성의 적합성을 인정하고, 순환형 배터리 전략을 EU 법체계에 공식적으로 포함시켰다. 네덜란드는 혁신적 접근과 기술적 진전을 바탕으로 2020년 이후 순환형 배터리 분야에 상당한 투자를 지속해 오고 있다.

2050년까지 완전한 순환경제를 달성하겠다는 높은 목표를 가진 소규모 국가인 네덜란드는 전기차, 전자기기, 고정형 에너지저장시스템(BESS)용 배터리에 대한 수요가 증가하고 있다. 그러나 국가 차원 및 EU 차원에서 필요한 원자재의 가용성은 제한적인 상황이다. 경제의 경쟁력과 회복탄력성을 강화하기 위해 네덜란드는 순환형 비즈니스 및 조달 방식으로 전환하고, EU 및 국제 파트너와의 협력을 확대함으로써 배터리 및 그 구성요소의 공급망을 다변화할 필요가 있다.

“배터리는 현대 사회의 기반이다.”

오늘날 배터리 분야에서 순환경제가 왜 필요하고 유의한지에 대해서는 널리 인식되고 있다. 순환성은 유럽에 있어 후회 없는 선택(no-regret scenario)으로서, 우리 경제·사회·환경의 미래 경쟁력을 확보할 수 있는 고유한 기회를 제공한다. 이제 우리는 ‘왜’에서 ‘어떻게’로 논의를 전환하여, 가능한 한 신속하게 협력적 전환을 추진해야 한다.

본 가이드는 순환형 배터리 분야에서 활동하는 네덜란드 주요 기관 및 기업을 소개하며, 전 세계 정부와 관련 기관에 유의미한 시사점을 제공한다. 또한 배터리 가치사슬 전반에 걸친 통합적 접근과 혁신 기술의 중요성을 강조하며, 보다 지속가능하고 미래지향적인 배터리 시스템으로의 전환을 촉진할 수 있는 방향을 제시한다.

네덜란드는 자국의 전문성을 공유하고 다양한 파트너로부터 배우며 협력하기를 희망한다. 순환형 배터리로 나아가는 과정에서 국제 협력은 필수적이기 때문이다.



순환형 배터리의 도전과 기회

오늘날 배터리로 구동되지 않는 세상을 상상하기는 어렵다. 배터리는 화석연료 없는 에너지 시스템과 무배출 모빌리티로의 전환을 이끄는 핵심 기술로 자리 잡았다. 그러나 이러한 급속한 확산은 새로운 지속가능성 과제를 동시에 수반하고 있다.



"배터리는 기후중립달성에
필요한 에너지 저장과 수급 조정,
공급 유연성을 가능하게 한다."

배터리로 구동되는 세계

최근 몇 년간 배터리 산업의 전략적 중요성은 급격히 확대되어 왔다. 배터리는 교통 부문의 탈탄소화에 핵심적일 뿐 아니라, 풍력과 태양광과 같은 간헐적 재생에너지원에 대한 의존도가 높아지는 에너지 시스템을 안정화하는 데에도 필수적이다. 또한 배터리는 파리협정에서 제시된 목표와 같은 기후중립 달성을 위해 필요한 에너지 저장, 시기 조정 및 시스템 유연성을 가능하게 한다.¹

각국 정부가 화석연료에서의 투자를 축소함에 따라, 전 세계 배터리 에너지 저장 시스템(BESS)에 대한 수요는 급증할 것으로 예상된다. 2030년까지 가동 중인 BESS의 설비용량(GWh 기준)은 현재 모든 배터리 응용 분야의 총 에너지 저장 용량과 유사한 수준에 이를 것으로 전망된다.² 저장 기능을 넘어, BESS는 안정적인 전력 공급이 어려운 원격 지역사회에 비용 효율적이고 안정적인 에너지 공급을 제공할 수 있다.³

배터리가 전자 및 디지털 기기의 대부분을 구동하고 있다는 점을 고려할 때, 현재와 미래 사회가 배터리에 기반한 사회가 될 수밖에 없다는 사실은 분명하다. 그러나 배터리의 생산, 사용, 폐기에 이르는 현재의 선형적 구조는 상당한 환경적·사회적 비용을 수반한다.⁴ 핵심원자재의 채굴과 정련은 생태계를 훼손할 수 있으며, 부적절한 사용 후 관리(end-of-life management)는 자원 손실과 안전 위험을 초래한다. 순환 설계, 책임 있는 원자재 조달, 재생에너지 기반 생산, 첨단 재활용 공정이 일반화된 체계로 전환하는 것은 지속가능하고 회복탄력적인 배터리 가치사슬을 구축하는 데 핵심적이다.

11 배터리 분류 방법

2023년 「EU 배터리 규정」은 다양한 설계와 적용 분야를 반영한 분류 체계를 도입하였다.

해당 규정은 다음과 같이 구분한다.

- **전기차(EV)용 배터리** - 도로용 차량의 구동(traction)에 사용되는 배터리(통상 리튬이온 배터리(LiB), 25kg 초과)
- **경량 운송수단용 배터리** - 2륜 또는 3륜 전기차에 사용되는 배터리(25kg 미만)
- **산업용 배터리** - 비도로용 차량, 기계, 산업·농업·통신 분야의 에너지 저장 시스템 및 전력 생산·배전용 배터리(가정용 에너지 저장 포함)
- **휴대용 배터리** - 소비자 전자기기 및 기타 소형 장치에 사용되는 배터리(5kg 초과)
- **시동 조명 점화용 배터리(SLI 배터리)** - 차량 또는 기계에 사용되는 배터리

12 왜 리튬이온 배터리에 주목하는가? EU에서는 다양한 유형의 배터리가 폭넓게 수거·재활용되고 있으나, 리튬이온 배터리(LiB)는 여전히 특별한 과제로 남아 있다. LiB는 비교적 최근에 상용화된 기술이므로, 재활용에 활용할 수 있는 원료(feedstock) 물량이 아직 제한적이다. 또한 전기차에서 발생할 것으로 예상되었던 대량의 폐배터리는 배터리 수명이 예상보다 길고, 폐기 전에 수리하는 시장이 확대되면서 발생 시점이 지연되고 있다. 일부 전망에 따르면 전기차 배터리의 수명은 최대 20년에 이를 수 있다. 그러나 2030년 이후에는 보다 많은 폐배터리 물량이 발생할 것으로 예상된다. 유럽과 네덜란드는 이러한 증가에 대비하고 있으며, 폐배터리로부터 핵심원자재를 회수하기 위한 여러 이니셔티브가 추진되고 있다.

현재 LiB 재활용 역량은 아시아, 특히 중국과 한국에 집중되어 있다. 이에 따라 EU, 미국, 호주는 규제 요건과 전략적 자율성 확보 목표를 힘입어 자체 재활용 역량을 빠르게 확대하고 있다. 전기차 생산이 증가함에 따라 자원 회수율을 극대화하고 폐기물을 최소화하는 순환형 해법 마련의 필요성도 더욱 커지고 있다.

진정한 순환형 LiB 경제는 다음 요소에 달려 있다.

- 증가하는 수요를 충족하기 위한 **2차 원자재 및 대체 소재**의 활용
- 핵심원자재(CRM)의 **책임 있고 투명한 조달**
- 배터리 수명 연장을 위한 **재사용 및 재제조 확대**
- 사용 후 배터리에 대한 **안전하고 효율적인 재활용 기술 개발**

현재의 중요성과 전략적 의의를 고려하여, 본 가이드는 리튬이온 배터리에 중점을 두고 다룬다.



오늘날의 배터리

13 성능 및 내구성 향상을 위한 화학 조성 개선

리튬이온 배터리 화학 조성의 지속적인 개선을 통해 더 높은 용량, 더 긴 수명, 더 낮은 비용이 가능해졌다.

리튬코발트산화물(LCO)의 구조적 불안정성으로 인해 배터리 용량을 향상시키는 니켈(Ni)과 구조를 안정화하는 망간(Mn)이 도입되었다. 또한 니켈 함량이 높은 조성(NMC622, NMC811, 향후에는 LiNiO₂)을 개발함으로써, 지리적 편중도가 높은 코발트(Co)의 사용을 줄이거나 궁극적으로 배제하는 것을 목표로 하고 있다.⁵

여전히 주요 과제는 충분한 배터리 수명을 확보하기 위해 니켈 구조와 표면을 안정화하는 것이다. 원자층 증착(Atomic Layer Deposition, ALD) 기반의 보호 코팅 기술은 이러한 문제를 해결할 수 있는 유망한 해법으로 평가되며, 네덜란드 스타트업 Powall(○페이지 참조) 등이 관련 기술을 개발하고 있다.

14 전고체 배터리: 과제와 기회

전고체 배터리(SSB)는 차세대 기술 가운데 가장 유망한 분야 중 하나로 평가된다. 이 기술은 리튬이온 배터리와 동일한 양극과 음극을 사용하되, 액체 전해질을 고체 전해질로 대체함으로써 가연성을 낮추고, 이론적으로는 LiB의 한계를 넘어서는 에너지 밀도를 가능하게 한다.

그러나 리튬 금속(Li-metal)을 음극으로 안전하게 사용하는 문제는 여전히 중대한 과제로 남아 있다. 높은 리튬 이온 전도도, 기계적 안정성, 전극과의 우수한 계면 접촉을 동시에 만족하는 고체 전해질 개발은 기술적으로 복잡하다. 충·방전 과정에서 발생하는 부피 변화 역시 성능 저하를 초래할 수 있다.

또한 일부 전고체 배터리 화학 조성은 동일한 에너지 저장량을 확보하기 위해 최대 두 배의 리튬을 필요로 하며, 이는 핵심원자재 의존도를 높일 수 있다. 이러한 과제에도 불구하고 연구개발 투자는 가속화되고 있다. 자동차 제조사인 Toyota 등은 파일럿 규모의 전고체 배터리 생산을 발표했으며, 2027-2028년 상용화를 전망하고 있다. 향후 몇 년이 전고체 배터리의 대규모 확장 가능성을 가늠하는 중요한 시기가 될 것이다.

15 차세대 배터리 기술

리튬을 넘어, 연구자들은 소듐이온(나트륨이온) (Na-ion), 마그네슘(Mg), 칼륨이온(K-ion), 알루미늄이온(Al-ion) 등 다양한 대체 전하 운반체를 탐색하고 있다. 이와 함께 새로운 레독스 흐름전지 및 염수 기반 배터리 화학 조성도 대규모 고정형 응용 분야에 적합한 기술로 주목받고 있다.

이 가운데 **소듐이온 배터리(Na-ion)**가 가장 빠르게 발전하고 있다. 그 화학 구조는 리튬이온 배터리와 유사하여 기존 제조 인프라를 전한 활용할 수 있다.¹⁰ 또한 소듐(나트륨)은 지리적으로 널리 분포하고 매장량이 풍부하여 핵심원자재 의존도를 크게 낮출 수 있다.¹¹ 현재 소듐이온 배터리는 에너지 밀도 측면에서 한계가 있으나, 비용 및 지속가능성 측면의 잠재력으로 인해 전력망 및 단거리 응용 분야에서 매력적인 대안으로 평가된다. 이미 일부 기업(CATL 등)은 1세대 소듐이온 배터리의 상업 생산을 개시하였다.

1.6 고정형 에너지 저장용 배터리 전기

모빌리티용 배터리와 마찬가지로, 에너지 저장 시스템(BESS)에 사용되는 배터리는 보다 청정하고 지속가능하며 회복탄력적인 에너지 미래를 달성하는 데 핵심적인 역할을 한다.^{12,13}

전력망 적용 분야에서 사용되는 주요 기술로는 리튬이온 배터리, 소동-황 배터리, 납축전지, 레독스 흐름전지(redox flow battery) 등이 있다. 이 가운데 리튬이온 배터리(LiB)는 높은 출력 및 에너지 밀도, 효율성, 낮은 일일 자가방전을 등의 장점으로 인해 일반적으로 가장 선호되는 기술로 평가된다.¹⁴

BESS는 다음과 같은 다양한 목적에 활용된다.

- **재생에너지 통합:** 발전량이 높은 시기에 잉여 에너지를 저장하고, 수요 증가 또는 발전량 감소 시 방전
- **전력망 안정화 및 유연성 확보:** 급격한 전력 변동에 대응하여 주파수 및 전압을 신속하게 조정
- **피크 부하 관리:** 최대 사용 시간대의 수요 급증을 완화하여 전력망 과부하 및 고비용 인프라 확충 방지
- **분산형 에너지 시스템:** 지역 단위 전력 저장을 통해 송전 손실을 줄이고 시스템 회복탄력성 강화



선형적 배터리 공급망의 과제

1.7 배터리 수요의 급격한 증가

리튬이온 배터리에 대한 전 세계 수요는 2030년까지 연평균 약 33% 성장할 것으로 전망되며, 이는 주로 모빌리티 부문의 급속한 전동화에 기인한다.¹⁵ 현재 가장 큰 전기차(EV) 시장은 중국, 유럽, 미국이다. 2024년 기준 전기차는 전 세계 자동차 판매량의 20% 이상을 차지하였다.¹⁶ 이러한 성과는 국가 차원의 재정적 인센티브와 목표 지향적 정책, 그리고 2022-2023년의 연료 가격 변동성에 힘입어 달성되었다.

이러한 긍정적인 추세는 2030년까지 예상 수요를 충족하기에 충분할 것으로 전망되는 배터리 제조 역량에 관한 최근의 전망에 의해서도 뒷받침되고 있다.¹⁷ 모빌리티 부문의 전동화는 승용차를 넘어 자전거, 스쿠터, 모페드뿐만 아니라 경량 및 중·대형 차량까지 확대되고 있다. 그 결과 모빌리티 전반에서 배터리 수요가 급격히 증가하고 있다.

1.8 배터리 소재의 수요와 공급을 맞추는 것은 점점 더 어려워지고 있다

리튬이온 배터리(LiB) 생산을 확대하는 과정에는 여러 과제가 존재한다. 전기차 산업만 해도 전 세계 리튬 수요의 약 60%, 코발트 수요의 30%, 니켈 수요의 10%를 차지하며, 이들 자원의 상당 부분은 배터리 생산에 사용된다.¹⁸

이러한 수요 급증에 대응하기 위해서는 향후 10년 동안 니켈, 네오디뮴(Nd), 코발트, 리튬과 같은 핵심원자재(CRM)의 전 세계 생산량을 약 300% 증가시켜야 한다. 그러나 새로운 광산을 개발하는 데에는 일반적으로 10년 이상이 소요되므로, 증가하는 수요에 대응하기 위해서는 생산 확대의 속도를 크게 높일 필요가 있다.¹⁹

실리콘 역시 중요한 고려 대상이다. 리튬이온 배터리에서는 에너지 밀도와 수명을 높이기 위해 흑연에 소량의 실리콘을 혼합하여 사용한다. 실리콘은 지구상에서 두 번째로 풍부한 원소이지만, 생산이 특정 지역에 집중되어 있어 핵심원자재로 분류된다. 실리카가 풍부한 석영은 주로 중국에서 채굴 및 가공되며, 에너지 집약적인 정련 과정은 환경 부담을 더욱 증가시키고 있다.^{20,21}

환경적 위험과 우려

수요는 소비자 선호에 의해서도 더욱 확대되고 있다. 주요 전기차 시장에서는 SUV가 판매를 주도하고 있다. 이러한 대형 차량은 소형 차량보다 최대 세 배 큰 배터리를 필요로 하며, 그 결과 제한된 원자재에 대한 수요가 증가하고 이에 따른 환경적·사회적 영향도 확대된다.²²

시장 요인 외에도 배터리 소재의 안정적인 공급 확보는 점점 더 지정학적 문제로 부상하고 있다. 많은 핵심원자재(CRM)가 소수의 지역에 집중되어 있어 EU와 같은 시장은 수입 의존도가 높은 상황이다. 예를 들어 우크라이나 전쟁은 니켈과 같은 금속의 공급과 가격에 영향을 미쳤는데, 이는 해당 자원의 상당한 매장량이 러시아와 우크라이나에 존재하기 때문이다.²³

향후 전 세계 공급이 수요를 충족할 수 있을지는 여전히 불확실하다. 그러나 소재 효율성이 더 높거나 자연적으로 더 풍부한 원자재에 의존하는 새로운 배터리 화학 조성의 도입과, 재사용 및 자원 회수를 가능하게 하는 순환 전략을 통해 핵심원자재 수요를 상당히 줄일 수 있다.²⁴

1.9 채굴 및 정련 과정의 환경적, 사회적 영향

배터리 소재의 채굴과 가공은 종종 높은 사회적·환경적 비용을 수반한다. 여러 생산국에서 광산 운영은 열악한 노동 조건, 건강 위험, 아동 노동 문제와 연관되어 왔다.²⁵

콩고민주공화국(DRC)은 전 세계 코발트 공급의 약 절반을 차지하며 이러한 문제와 자주 연관되어 언급되는 국가이다. 코발트 채굴은 콩고민주공화국 경제에 중요한 산업이지만, 기본적인 인권을 침해하는 환경에서 이루어지는 경우가 적지 않다.²⁶

이와 유사하게, 아르헨티나·볼리비아·칠레에 걸쳐 있는 이른바 ‘리튬 트라이앵글(Lithium Triangle)’은 세계에서 가장 풍부한 리튬 매장량을 보유한 지역 중 하나로, 지역 사회에 상당한 경제적 잠재력을 제공할 것으로 기대된다. 그러나 이러한 대규모 채굴이 환경과 사회에 미치는 영향에 대해서는 아직 충분한 데이터가 확보되어 있지 않다.²⁷

리튬 채굴에는 막대한 양의 물이 필요하며, 리튬 1톤을 생산하는 데 약 70만 리터의 물이 사용된다.²⁸ 현재 리튬의 절반 이상은 이미 수자원이 부족한 지역에서 채굴되고 있으며, 볼리비아와 칠레의 소금평원 지역이 대표적인 사례이다. 또한 리튬의 의도치 않은 유출로 인한 수질 및 대기 오염 위험이 존재하며, 이는 생물다양성과 인간 건강에 부정적인 영향을 미칠 수 있다.²⁹

전반적으로 전기차 생산 과정에서 배출되는 온실가스의 약 40-60%는 배터리에서 발생한다. 이러한 높은 탄소 발자국은 배터리 소재의 채굴·정련·운송 과정과, 에너지 집약적인 양극 및 음극 소재 생산 과정에서 비롯된다.³⁰

책임 있는 원자재 조달, 지속가능한 채굴 및 생산 방식의 확대, 그리고 순환경제 접근은 모두 배터리의 환경적·사회적 영향을 줄이는 데 기여할 수 있다.

1.10 새롭게 제기되는 우려: 심해채굴

배터리 소재의 잠재적인 미래 공급원 중 하나로 심해 해저가 거론되고 있으며, 이 지역에는 전략적 광물이 대량으로 매장되어 있다.³¹ 그러나 심해 채굴이 환경에 미치는 영향은 아직 명확하게 규명되지 않았다.³² 해저 생태계를 교란할 경우 해양 생물다양성, 수질 화학적 균형, 그리고 해양의 탄소 흡수 능력에 돌이킬 수 없는 영향을 미칠 수 있다. 2023년 7월, 국제해저기구(International Seabed Authority)는 이러한 활동에 대한 국제사회의 우려와 금지 요구가 확대됨에 따라 대규모 산업적 심해 채굴에 대한 최종 결정을 2024년으로 연기하였다.



1.11 배터리 운송·보관·취급 과정의 위험

배터리 시장의 급속한 확대는 안전한 취급과 물류 관리의 필요성을 더욱 증가시키고 있다. 리튬이온 배터리는 손상되거나 부적절하게 보관되거나 높은 온도에 노출될 경우 화재 및 폭발 위험을 초래할 수 있다.

열폭주(thermal runaway)는 배터리 내부에서 열과 가스가 발생하는 화학 반응으로, 인접한 셀에 점화를 일으켜 대규모 화재로 이어질 수 있다. 리튬이 산소와 접촉할 경우 폭발이 발생할 수 있으며, 이 과정에서 부식성 및 독성 물질이 방출되어 사람, 재산 및 환경에 피해를 줄 수 있다.

배터리 화재는 진압이 어렵고 독성 화재 폐수를 발생시킬 수 있어 긴급 대응 인력, 작업자, 인근 지역사회에 위험을 초래할 수 있다. 일반적인 원인에는 낙하로 인한 충격 손상(가장 중요한 원인), 제조 결함, 보관 중 적재 과정에서의 오류, 보관 중 배터리 노화, 그리고 물에 의한 단락이 포함된다.

운송 과정에서의 안전 위험을 완화하기 위해 이미 국제 규정이 적용되고 있다. 리튬이온 배터리(LiB)는 도로 운송에 관한 ADR 협정에서 **ADR Class 9**로 분류되며, 항공 운송의 경우 IATA 위험물 규정(IATA-DGR)의 적용을 받는다. 네덜란드에서는 2024년에 새로운 국가 지침이 발표되었으나 아직 시행되지는 않았다. **PGS 37 기준**은 현장에서 에너지 시스템을 안전하게 취급하기 위한 지침(PGS37-1)과 리튬을 포함한 에너지 저장 매체의 보관에 관한 지침(PGS37-2)을 제시하고 있다. 해당 조치는 온도 관리, 보관 방식, 화재 예방 및 비상 대응을 포함하며, 판매업체, 유통업체, 물류 창고, 재활용 시설 등에 적용된다.



순환형 배터리 가치사슬로의 전환

순환성:
공동의 노력

“배터리 재활용 산업만으로도

2040년까지 연간 950억 달러 이상의

시장 규모가 예상되며, 이는

순환경제 시스템이 지닌 막대한

경제적 잠재력을 보여준다.”

순환형 배터리로의 전환은 설계, 정책, 투자, 국제 협력에 이르기까지 가치사슬 전반에 걸친 협력을 필요로 한다. 또한 사용 거부(refuse)와 재고(rethink)에서부터 재사용(reuse)과 재활용(recycling)에 이르기까지 모든 순환 전략이 함께 고려되어야 한다.

순환적 접근은 자원 효율성 강화, 공정 혁신, 회복탄력적인 비즈니스 모델 구축을 통해 리튬이온 배터리(LiB)와 그 소재의 수요와 공급 간 균형을 맞추는데 기여할 수 있다. 동시에 이는 더 나은 사회적·환경적 여건을 조성하고, 단기 및 장기적으로 재무적 수익성을 높이는 등 보다 폭넓은 이점을 제공한다.

이러한 기회를 인식하여 2023년 「EU 배터리 규정」은 다음과 같은 사항을 요구하고 있다.

- 공급망 실사(due diligence)
- 수리·재사용·재활용을 고려한 설계
- 2차 원자재의 사용
- 표준화 및 순환 설계

그러나 진정한 순환형 배터리 가치사슬을 구축하기 위해서는 패러다임 전환이 필요하며, 이는 정부, 기업, 연구기관, 금융기관 간의 공동 대응과 협력을 통해 가능하다. 또한 이러한 전환은 국가 및 국제 네트워크 전반에 걸친 시스템 차원의 변화에 기반해야 한다.

2.1 순환형 배터리의 정의

‘순환형 배터리(circular battery)’에 대한 단일한 정의는 존재하지 않는다. 본 가이드에서는 여러 순환적 관행과 전략이 동시에 적용됨으로써, 사용 기간 전반에 걸쳐 사회적·환경적 영향이 현재 평균적인 배터리에 비해 상당히 낮은 배터리를 순환형 배터리로 정의한다. 전반적으로 순환형 배터리는 안전하고 내구성이 높으며, 수리가 용이하고/또는 재사용이 가능해야 하며, 수명이 종료된 이후에는 완전히 재활용될 수 있어야 한다(즉, 모든 재사용 및 수리 가능성이 활용되고 내부 소재의 가치만 남게 되는 시점 이후). 또한 환경적으로 건전한 공정을 통해 제조되어야 하며, 유해하거나 오염을 유발하는 공정이 포함되지 않아야 한다. 아울러 가능한 한 적은 자재와 에너지 투입으로 생산되어야 하며, 공정 전반에서 공정한 노동 조건이 보장되어야 한다. 또한 운송 과정에서의 배출과 안전 위험을 줄이기 위해 공급망은 가능한 한 지역 기반으로 구축되고, 길이가 짧을수록 바람직하다.



2.2 배터리 전 생애주기에 걸친 Refuse, Rethink, Reduce

순환성의 수준을 나타내기 위해 이른바 **R-사다리(R-ladder)**가 제시되었으며, 이는 효율성이 점차 높아지는 순서로 배열된 열 가지 전략으로 구성된다. R-사다리의 최상단에는 Refuse, Rethink, Reduce가 위치한다. 이러한 전략은 배터리를 어떻게 생산할 것인가뿐 아니라, 배터리를 실제로 생산할 필요가 있는지 자체를 재검토하도록 한다. 신규 생산을 줄인다는 것은 효율성과 현명한 사용을 우선시한다는 의미이다. 더 작고 가벼우며 효율적인 배터리는 더 적은 자원으로 동일한 기능을 제공할 수 있다. 또한 리스, 공유, 모듈형 소유와 같은 비즈니스 모델은 신규 생산의 필요성을 더욱 줄일 수 있다. 아울러 대중교통의 접근성과 경제성을 높이는 것 역시 대형 배터리 시스템에 대한 수요를 간접적으로 감소시킨다.

배터리 설계를 재고(rethink)할 필요성 역시 매우 중요하다. 아직 이 분야에서 초기 단계에 머물러 있지만, 순환 설계는 배터리를 쉽게 분해·수리·재사용·재활용할 수 있도록 하며, 이상적으로는 2차 원자재와 비핵심 금속을 활용하는 것을 목표로 한다. 이러한 설계 접근은 EU 국가들의 소재 의존도와 가격 변동성을 줄이는 데 기여한다.

표준화 역시 또 하나의 핵심 촉진 요인이다. 규격과 인터페이스의 통일은 재사용, 수리, 재활용을 보다 용이하게 한다. 그러나 배터리 화학 조성이 용도별 요구와 원자재 제약에 대응하여 계속 다양화되고 있기 때문에 이를 달성하는 일은 쉽지 않다.

따라서 이러한 진전을 이루기 위해서는 화학, 공학, 물류, 재활용 등 다양한 분야에 걸친 협력적 전 생애주기 평가가 필요하며, 이를 통해 혁신이 지속가능성과 성능 목표에 부합하도록 조정되어야 한다.



2.3 소재와 공정의 재설계

순환성은 소재의 채굴과 가공 방식에도 적용된다. 제조 공정은 오염을 최소화하고 작업자 안전을 강화하는 방향으로 재설계될 수 있다. 예를 들어, 유기 용매를 수계 기반 시스템으로 대체하고, 불소계 전해질과 바인더를 제거하며, 에너지 집약적인 드라이룸 사용을 피하는 방식 등이 있다.

이러한 개선은 현재 리튬이온 배터리 생산 과정에서 환경 부담이 가장 큰 단계들을 대상으로 한다.

현재의 리튬이온 배터리에서는 탄산염 기반 용매에 용해된 리튬염(Li-salt)이 안정성, 안전성, 그리고 높은 리튬 이온 전도성 간의 균형을 제공한다. 그러나 차세대 양극과 음극 소재는 전해질 분해 반응을 촉진할 수 있다. 따라서 이러한 분해 반응에 대한 이해를 높이고, 보호용 전극 코팅이나 개선된 전해질 조성을 적용하는 것은 차세대 배터리 구현을 위해 매우 중요하다.

네덜란드에서는 국가 NWA-NWO 프로그램의 일환인 **BatteryNL 연구 컨소시엄**이 이러한 두 분야 모두에서 연구를 추진하고 있으며, 학제 간 혁신이 순환 전환을 어떻게 가속화할 수 있는지를 보여주고 있다.

2.4 전기차 배터리의 원자재 사용량 감소

순환형 배터리 산업은 리튬이온 배터리(LiB)뿐 아니라 이를 탑재하는 차량, 특히 전기차(EV)에 대해서도 재고할 필요가 있다. 전기차는 배기가스 배출을 제거하지만, 생산 과정은 여전히 자원과 에너지를 많이 소비한다.

2024년 기준 네덜란드에서 개인용 차량이 주행한 전체 거리의 약 15%가 전기차에 의해 이루어졌다. 2025년 초에는 네덜란드 국내 전기차 보유 대수가 100만 대를 넘어섰으며, 이는 개인용 차량 10대 중 1대가 전기차임을 의미한다. 이는 중요한 이정표이지만, 2050년 탄소중립을 달성하기 위해서는 이 측면에서 또 다른 과제를 제기한다. 평균적인 전기차에는 약 10kg의 리튬과 40kg의 니켈이 사용된다. 또한 귀금속에 대한 전 세계 수요는 2030년 이전에 공급을 초과할 것으로 전망된다.

이러한 전망은 원자재를 보다 절약적으로 사용해야 할 필요성이 시급하다는 점을 보여준다. 이는 화석연료 시대를 특징지었던 자원 채굴 중심의 고환경부담 모델을 반복하지 않기 위함이다. 모든 화석연료 차량을 전기차로 단순히 대체하기보다는, 지속가능한 모빌리티 체계 속에서 자동차의 역할 자체를 재고하는 것이 목표가 되어야 한다.

2.5 순환성을 위한 모빌리티 재고

배터리 수요를 줄이기 위한 노력은 공장이 아니라 도시계획과 정부 정책에서부터 시작된다. 현재 네덜란드 도시에서 자동차는 공공 공간의 약 50%를 차지하고 있다. 33 한편 농촌 지역에서는 대중교통 서비스가 축소되고 지역 생활 기반 시설이 사라지면서 자동차 의존도가 증가하고 있다. 34 많은 사람들에게 자동차 보유는 선택이 아니라 필수이다.

여러 수준에서의 통합적인 조치는 순환형 모빌리티로의 전환을 촉진할 수 있다. 예를 들어 주차 공간 수를 줄이고, 공유 모빌리티와 대중교통을 확대하며, 더 작은 배터리 사용을 유도하기 위한 기준과 재정적 인센티브를 도입하는 방안 등이 있다.

2.6 배터리 수명 연장을 위한 재사용 및 수리

소재를 순환 체계 내에 유지하고 신규 배터리 및 1차 원자재에 대한 수요를 줄이기 위해서는 **재사용, 수리, 리퍼비시(refurbishing), 리매뉴팩처링(remanufacturing), 리퍼포징(repurposing)**과 같은 이른바 “슬로 루프(slow-loop)” 전략에 대한 강력한 투자가 필요하다. 이러한 R-전략은 제품 수명을 연장하면서도 새로운 배터리를 처음부터 제조하는 것보다 훨씬 적은 자원과 에너지를 필요로 한다.

각 전략은 개입 수준에 따라 다음과 같이 구분된다.

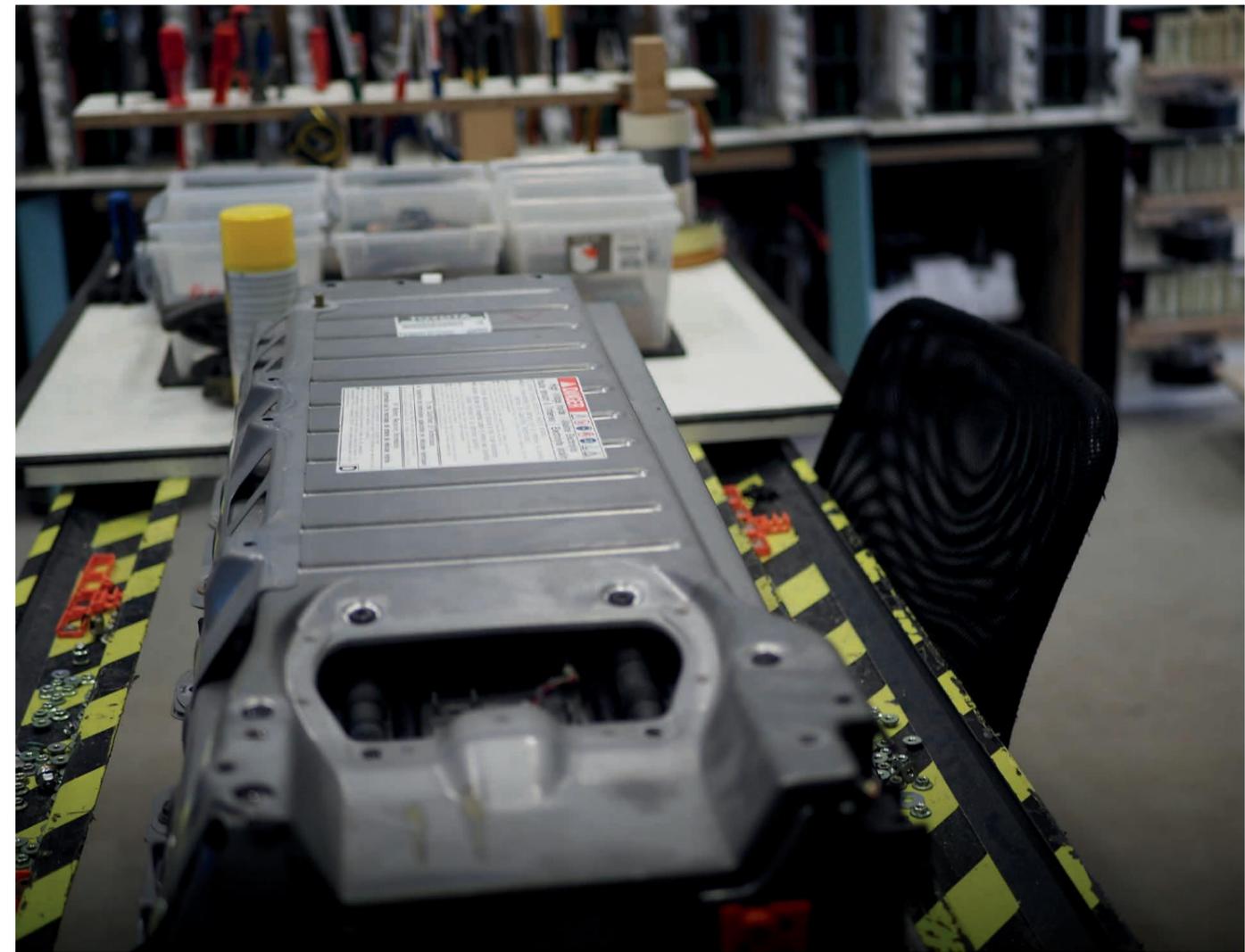
- 재사용: 동일한 용도로 배터리를 다시 사용하는 것
- 수리: 고장 난 부품을 교체하거나 수리하여 기능을 복원하는 것
- 리퍼비시: 배터리를 원래 성능에 가까운 수준으로 복원하는 것
- 리매뉴팩처링과 리퍼포징: 배터리를 새로운 용도 또는 더 낮은 성능 요구 수준의 용도로 재적용하는 것

현재 사용 수명이 종료된 전기차 배터리(EV 배터리)의 약 15%는 모빌리티 이외의 용도로 재사용되고 있다. 예를 들어 행사나 도로 공사 현장에서의 전력 공급 장치 등에 활용된다. 그러나 배터리가 최초 사용 단계에서 더 오랫동안 사용되고, 재용도화(repurposing) 대신 수리를 통해 계속 사용되는 사례가 증가하면서 이러한 ‘세컨드 라이프’ 활용 장치의 수는 감소하는 추세이다.

이러한 순환적 활용을 대규모로 가능하게 하기 위해서는 데이터 투명성과 추적 가능성이 필수적이다. 배터리 팩의 구성과 상태(State of Health)에 대한 정확한 표시, 관련 정보에 대한 개방적 접근, 그리고 소유권 및 책임에 대한 명확한 규정은 안전한 재사용과 재용도화를 위한 전제 조건이다.

2023년 「EU 배터리 규정」은 이를 반영하여 배터리 여권(battery passport) 도입을 의무화하고 있으며, 각 배터리의 원산지, 화학 조성, 성능 이력에 대한 디지털 기록을 제공하도록 규정하고 있다. 35 또한 2027년까지 모든 휴대용 배터리와 경량 운송수단용 배터리(예: 전기자전거 및 스쿠터용 배터리)는 최종 사용자 또는 자격을 갖춘 전문가가 분리 및 교체할 수 있도록 설계되어야 한다.

EU가 지원하는 CIRPASS 프로젝트는 현재 디지털 배터리 여권 도입을 위한 기반을 마련하고 있으며, 이는 순환형 배터리 시스템에서 상호운용성, 추적 가능성, 소비자 신뢰를 확보하기 위한 중요한 단계로 평가된다.



2.7 사용 종료 배터리 재활용 및 핵심원자재 회수

“순환성의 관점에서 볼 때, 소재 재활용은 스크랩 및 사용 종료(EoL) 배터리 소재에 대해 선택할 수 있는 마지막 수단 중 하나이다.”

재활용은 원자재를 회수하기 위해 많은 양의 에너지, 물 및/또는 화학 시약을 필요로 하며, 상당한 환경적 영향을 수반한다.

이러한 한계에도 불구하고, 재활용은 폐기물을 방지하고 가치 있는 소재를 회수하기 위해 여전히 필수적이다. 재활용에는 상당한 에너지와 화학물질이 투입되지만, 전체적인 환경 발자국은 동일한 양의 신규 원자재를 채굴하고 정련하는 것에 비해 여전히 훨씬 낮다. 또한 안전하고 효율적인 재활용은 화재 위험을 줄이고, 유해 물질의 유출을 방지하며, 핵심원자재(CRM)에 대한 EU의 전략적 자율성 확보에도 기여한다.

리튬이온 배터리(LiB)의 재활용은 다양한 소재와 셀 화학 조성이 복합적으로 구성되어 있고, 처리 과정에서 화재 및 폭발 위험이 존재하기 때문에 기술적으로 어려운 과제이다. 그러나 LiB 재활용은 가치 있는 2차 자원의 회수, 유해 폐기물 관리 개선, EU 시장의 회복탄력성 강화 및 수입 의존도 감소 등 여러 측면에서 중요한 이점을 제공한다.

현재 EU는 재활용 역량을 빠르게 확대하고 있다. 네덜란드에는 재활용 혁신 기업을 중심으로 한 생태계가 성장하고 있다. 이와 함께 핵심원자재(CRM) 회수 과정에서 에너지와 화학물질 사용을 줄이는 혁신 기술을 개발하기 위한 여러 이니셔티브도 추진되고 있다. 이러한 이니셔티브는 **Battery Competence Cluster 국가 성장기금 프로그램(National Growth Fund Program)**의 일환으로 추진되고 있으며, 주로 블랙 매스(black mass) 처리 기술에 초점을 두고 있다.

효율적인 배터리 재활용의 확대 필요성이 커짐에 따라 습식 제련(hydrometallurgical) 공정이 점점 더 널리 활용되고 있다. 이러한 공정은 건식 제련(pyrometallurgical) 공정에 비해 더 많은 소재를 회수할 수 있다. 이러한 추세는 이미 나타나고 있으며, 향후 EU에서 가동될 예정인 대부분의 재활용 시설이 이 방식을 채택하고 있다.



네덜란드에는 아직 재활용 산업이 구축되어 있지 않기 때문에, 현재 리튬이온 배터리(LiB)는 유럽 내 다른 국가의 재활용 시설로 운송되고 있다. 예를 들어 Umicore(벨기에), Accurec(독일), Redux(독일), Fortum(핀란드) 등이 있다. 이들 시설은 핵심원자재(CRM)를 회수하기 위해 건식 제련(pyrometallurgical)과 습식 제련(hydrometallurgical) 공정을 결합하여 사용하고 있다.

2023년 「EU 배터리 규정」은 새로운 재활용 목표를 설정하고, 신규 배터리에 사용되는 재활용 소재의 최소 함량을 규정하였다. 이는 배터리 재활용에 대한 강한 추진력을 형성하고 있으며, 유럽 전역에서 투자 확대, 기술 개발, 그리고 관련 인프라 구축을 촉진할 것으로 예상된다.

2.8 배터리 재활용의 주요 및 신규 공정

36 37

건식 제련(Pyrometallurgical) 재활용

이 고온 공정은 배터리 셀을 용광로에서 제련하는 방식이다. 용광로의 초기 비교적 낮은 온도에서는 전해질과 플라스틱이 분해되며, 이 과정에서 공정에 필요한 추가 에너지가 발생한다. 이후 양극의 주요 성분 일부가 제련되어 주로 코발트(Co), 니켈(Ni), 구리(Cu)로 구성된 금속 합금으로 전환된다. 이후 추가적인 습식 제련 공정을 통해 이러한 합금을 신규 배터리 생산에 사용할 수 있는 금속 염 형태로 정제한다.

이 공정은 다양한 배터리 화학 조성에 적용할 수 있으며 전처리 과정이 거의 필요하지 않다는 장점이 있지만, 회수 가능한 금속의 종류는 제한적이다. 현재 유럽의 일부 설비에서는 이 공정을 통해 리튬을 회수할 수 있게 되었지만, 플라스틱, 전해질, 흑연 등은 회수되지 않고 공정 과정에서 손실된다.

습식 제련(Hydrometallurgical) 재활용

습식 제련은 보다 복잡한 기계적 및 화학적 전처리로 시작되며, 화재 위험을 방지하기 위해 종종 불활성 환경 또는 극저온 조건에서 수행된다. 건식 제련과 마찬가지로 배터리는 먼저 파쇄되며, 이후 금속, 플라스틱, 블랙 매스와 같은 고농도 물질 흐름으로 분리된다.

블랙 매스는 수용액에 용해되어 금속 이온을 추출하며, 이후 화학적 침전 또는 용매 추출을 통해 분리된다.

이 공정은 높은 회수율(90% 이상)과 높은 소재 순도(98% 이상)를 달성할 수 있으며, 다양한 원소를 회수할 수 있다. 그러나 많은 양의 물과 화학 시약을 필요로 하며, 오염 물질과 혼합된 화학 조성을 처리하기 위해 여러 단계의 정제 공정이 요구된다. 이러한 이유로 네덜란드에서는 공정에서의 에너지 소비와 화학물질 사용을 줄이기 위한 혁신 기술 개발에 집중하고 있다.

직접 재활용(Direct Recycling, 새롭게 부상하는 방식)

직접 재활용은 새롭게 부상하는 대안적 방식으로, 소재를 원소 단위로 분해하는 대신 양극 소재를 직접 복원하는 것을 목표로 한다. 이 공정은 회수된 소재의 조성을 조정하여 원하는 결정 구조와 형태를 재현함으로써 새로운 배터리 셀에 바로 재사용할 수 있도록 한다.

이 방식은 공정이 더 단순하고 잠재적으로 더 지속가능할 수 있지만, 현재로서는 생산 공정에서 발생하는 스크랩이나 특성이 잘 파악된 배터리 흐름에 가장 적합하다. 사용이 끝난 배터리의 경우 불순물과 성능 저하로 인해 재생된 소재의 성능이 저하될 수 있기 때문이다.



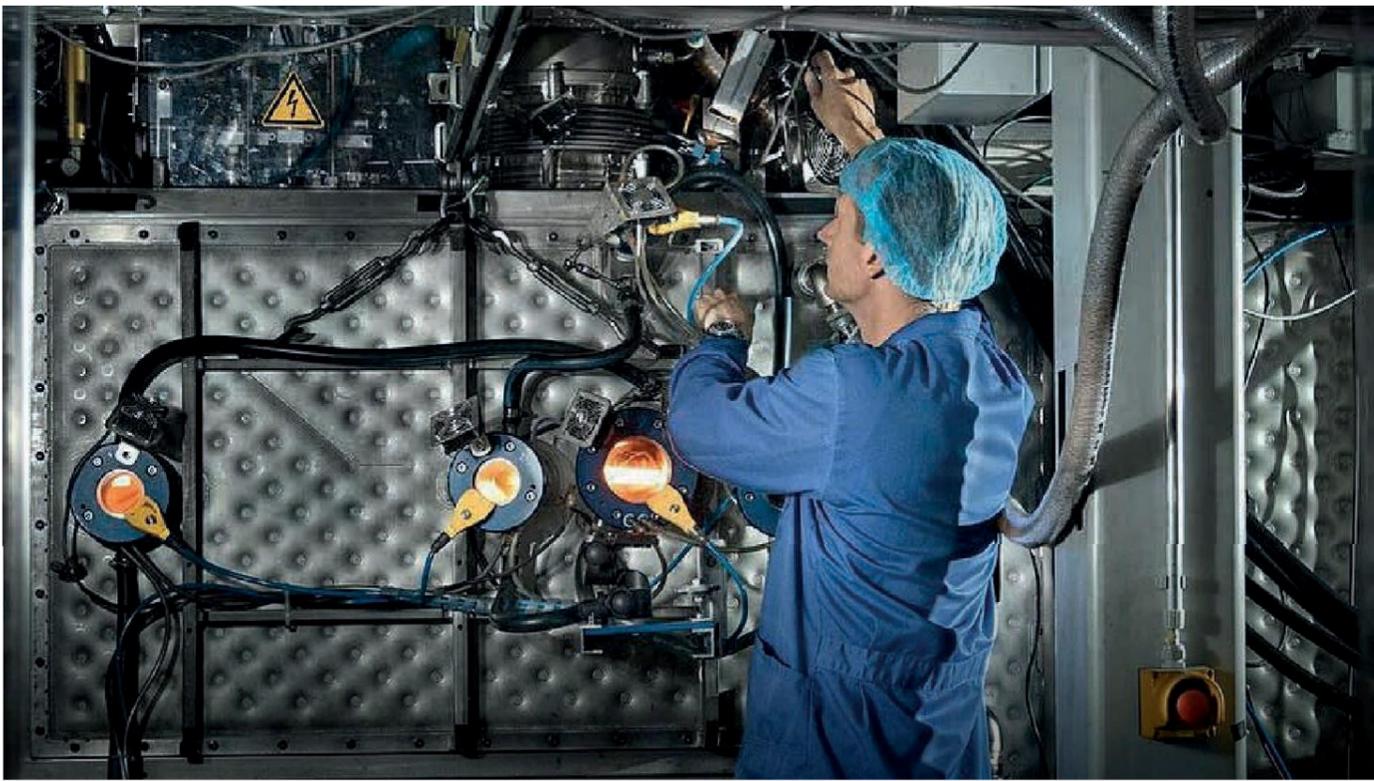
" 이는 배터리 재활용에 대한 강한 추진력을 형성하고 있으며, 유럽 전역에서 투자 확대와 기술 발전, 그리고 인프라 구축을 촉진할 것으로 예상된다."





네덜란드: 미래 순환형 배터리를 향한 길을 열다

공공·민간 파트너십과 전략적 연구개발(R&D) 투자에 대한 강한 중점을 바탕으로, 네덜란드는 글로벌 순환형 배터리 가치사슬에서 선도적인 혁신 국가로 부상하고 있다.



순환경제 실천과 지속가능성 기반 혁신의 선도국인 네덜란드는 기후에 긍정적인 미래를 달성하기 위해 노력하고 있으며, 국가 및 국제 차원의 협력적 대응을 통해 청정에너지와 모빌리티 전환을 추진하고 있다.

3.1 순환성에 대한 국가적 의지

순환성은 네덜란드 정부 정책에서 중요한 포괄적 정책 주제이다.

“네덜란드는 2050년까지 순환경제를 달성하는 것을 목표로 하며, 2030년까지 1차 원자재 사용을 50% 감축하는 중간 목표를 설정하고 있다.”

2022년 국가 원자재 전략(National Raw Materials Strategy)은 수입선 다변화, 소재 대체, 순환성 확대 등을 통해 원자재의 안정적인 공급을 확보함으로써 이러한 목표를 더욱 강화하고 있다.

EU 회원국인 네덜란드는 이 분야에서 EU 차원의 정책과 법제도도 적극적으로 지원하고 있으며, 2023년 「EU 배터리 규정」과 **유럽 핵심원자재법(European Critical Raw Materials Act)**은 배터리 순환성 달성을 위한 중요한 이정표로 평가된다.

3.2 순환성에 대한 국가적 의지

에너지 전환에서 배터리의 중요성을 인식하여, 네덜란드 정부는 2020년에 **국가 배터리 전략(National Battery Strategy)**을 발표하였으며, 이 전략에서 순환성은 핵심적인 역할을 차지한다. 이 전략은 사회 전반에서 배터리 사용이 증가하는 상황에서 이를 안전하고 책임 있으며 지속가능한 방식으로 관리하는 동시에, 새롭게 등장하는 경제적 기회를 확보하는 것을 목표로 한다.

이 통합적이고 일관된 접근 방식에는 12개 네덜란드 부처 중 8개 부처와 여러 정부 기관이 참여하고 있다.

정부 전략은 다음과 같은 다섯 가지 축을 중심으로 구성되어 있다.

1. **원자재:** 책임 있는 채굴, 추적 가능성 확보(예: 배터리 패스포트), 대체 배터리 화학 조성에 대한 혁신 촉진 등을 통해 원자재에 대한 책임 있고 안정적인 접근을 촉진
2. **순환경제:** 배터리 수명 연장과 원자재 의존도 감소를 위해 R-전략을 장려
3. **안전:** 위험과 안전에 대한 지식을 축적하고 이를 생산자, 사용자, 정책 담당자를 위한 규제, 교육, 인식 제고에 반영
4. **경제적 기회:** 배터리의 안전성, 지속가능성, 성능 관련 혁신을 촉진하고 글로벌 가치사슬에서 네덜란드의 경쟁력을 강화
5. **에너지 시스템:** 전력망 유연성, 에너지 저장, Vehicle-to-Grid(V2G) 응용 등 에너지 시스템에서 배터리의 역할을 강화하기 위한 연구와 정책을 지원

3.3 혁신 및 순환 가치사슬에 대한 투자

네덜란드 정부는 **국가 성장기금(National Growth Fund)**을 통해 장기적인 지속가능 성장에 기여할 것으로 기대되는 프로젝트에 대규모 투자를 추진하고 있다. 대표 프로그램인 “Material Independence & Circular Batteries”는 이러한 투자 이니셔티브의 일환이다. Battery Competence Cluster NL, 경제부(Ministry of Economic Affairs), 인프라·수자원부(Ministry of Infrastructure and Water Management)가 공동으로 개발한 이 8년간의 혁신 프로그램(2024-2032)은 약 8억 유로 규모로, 이 중 2억 9,600만 유로가 정부 보조금으로 지원된다. 이 프로그램의 주요 목표는 네덜란드 내 배터리 재활용 역량을 구축하고 순환형 배터리 기술을 더욱 발전시키는 것이다.

네덜란드의 주요 보조금 프로그램

1. **BatteryNL:** 더 높은 에너지 밀도와 더 긴 수명을 갖는 차세대 안전 배터리 개발 (NWO-ORC, 930만 유로, 2023-2031)
2. **Inland Shipping:** 77개의 해상용 배터리 컨테이너(ZES-packs), 14개의 충전 도킹 스테이션, 45척의 전기화된 내륙선박 개발 (국가 성장기금, 보조금 5,000만 유로 및 기업 추가 투자, 2023-2031)
3. **NXTGEN Hightech:** 배터리 생산을 위한 새로운 장비 및 소재 기술 개발 (국가 성장기금, 보조금 6,417만 유로 및 기업 추가 투자, 2023-2031)
4. **Material Independence & Circular Batteries:** 네덜란드 내 완전한 순환형 배터리 가치사슬 구축 (국가 성장기금, 약 8억 유로 규모, 이 중 2억 9,600만 유로 보조금, 2024-2032)

혁신적인 네덜란드 배터리 생태계를 위한 공공·민간 파트너십

3.4 네덜란드 배터리 생태계 구축: BCC-NL

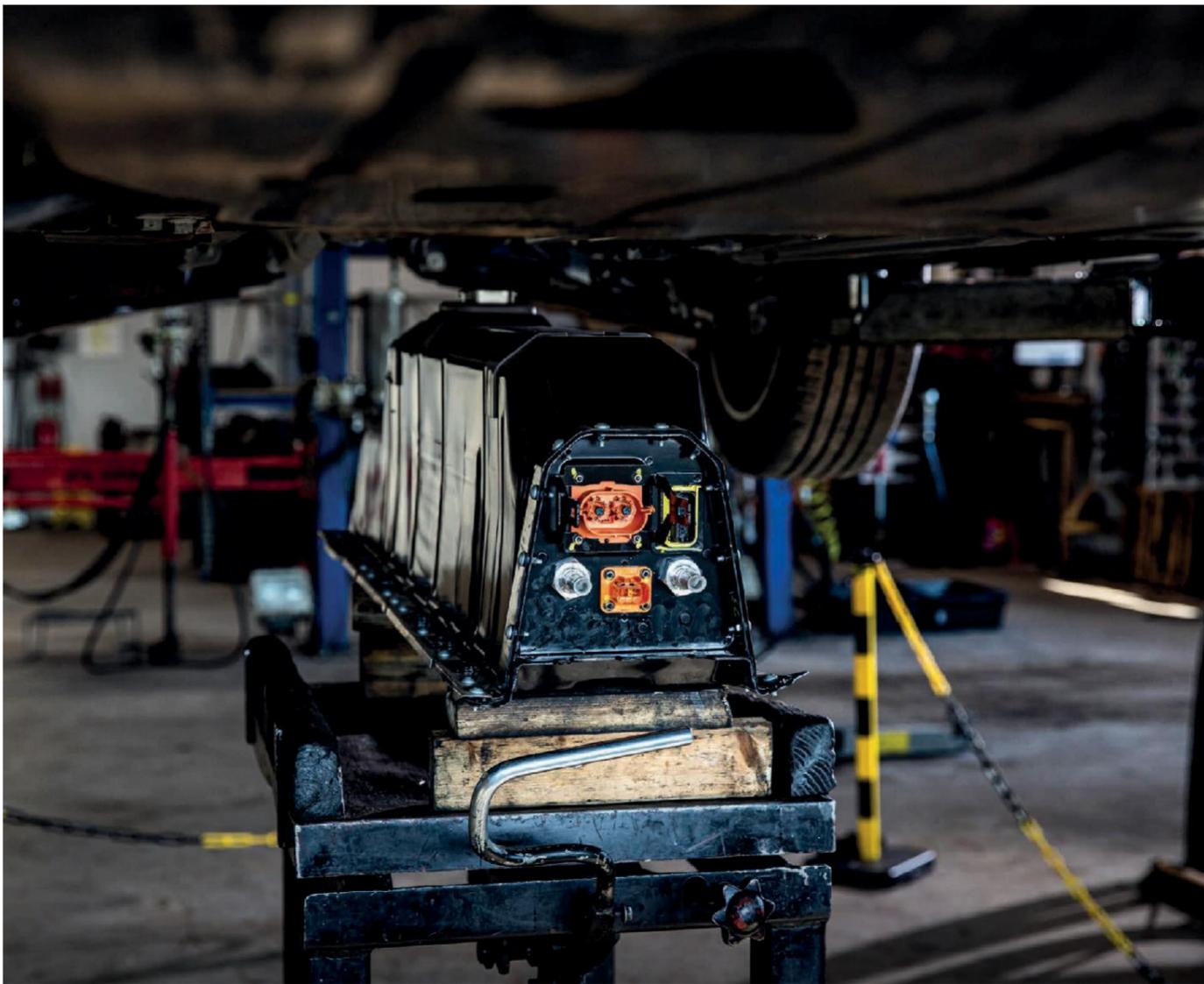
산업계, 학계, 정부 간 협력을 강화하기 위해 Battery Competence Cluster NL(BCC-NL)이 2022년에 출범하였다. 이는 배터리 혁신을 위한 네덜란드 최초의 전국 단위 생태계로, 배터리 기술, 운송, 에너지의 세 주요 분야를 통합하여 연구, 인력 양성, 순환 혁신 분야의 협력을 조정하고 있다.

BCC-NL의 주요 활동은 다음과 같다.

1. **생태계 개발(Ecosystem Development)** - 프로젝트 공동 개발, 전문지식 공유, 새로운 비즈니스 기회 창출을 위해 네덜란드 및 국제 파트너를 연결
2. **전략적 로드맵 수립(Strategic Roadmapping)** - 국가 배터리 시스템 행동 아젠다(National Battery Systems Action Agenda)와 같은 공동 계획 수단을 통해 국가 차원의 과제와 우선순위를 도출
3. **협력적 혁신(Collaborative Innovation)** - 기업, 특히 중소기업(SME)이 새로운 기술을 시험·실증할 수 있도록 공동 연구개발 시설에 투자하여 진입 장벽을 완화

이 클러스터는 소재 과학, 첨단 제조, 중·대형 모빌리티 분야에서 네덜란드가 보유한 강점을 기반으로, 네덜란드를 유럽의 순환형 배터리 혁신 선도국으로 자리매김하도록 하고 있다. 또한 셀 및 팩 설계에서 재활용과 재사용에 이르기까지 모든 단계에 순환성을 통합함으로써 자원 안보를 강화하고, 수입 의존도를 줄이며, 국내 산업에서 숙련된 일자리를 창출하는 것을 목표로 한다.





35 EPR을 통한 배터리 수거 및 재활용 촉진

네덜란드는 생산자책임재활용제도(Extended Producer Responsibility, EPR)를 통해서도 배터리 순환성을 강화하고 있다. 이는 2023년 「EU 배터리 규정」에 포함된 원칙이다.

이 규정은 수거 및 회수에 대해 다음과 같은 야심찬 목표를 설정하고 있다.

- 휴대용 배터리: 2024년까지 45%(이전 3년간 시장에 출시된 배터리 평균 중량 기준, 목표 달성), 2028년까지 63%, 2031년까지 73%의 수거율
- 경량 운송수단용 배터리: 2028년까지 51%, 2031년까지 61%의 수거율
- 리튬 회수율: 2028년까지 65%, 2032년까지 70%

EPR 제도 하에서 생산자와 수입자는 제품의 전 생애주기-수거부터 재활용까지-에 대한 재정적 및 운영상의 책임을 부담한다.³⁸ 이 접근 방식은 친환경 설계(ecodesign), 재사용, 그리고 보다 안전한 폐기물 관리를 촉진하며, 오염자 부담 원칙(polluter-pays principle)과도 부합한다.³⁹ 이와 유사한 EPR 제도는 자동차, 밴, 포장재, 전자제품 등의 제품군에 오래전부터 적용되어 왔으며, 최근에는 섬유와 일회용 플라스틱에도 확대 적용되고 있다.⁴⁰

36 네덜란드에서의 EPR 운영 사례

Auto Recycling Nederland(ARN) - LMT 및 EV 배터리

ARN은 자동차, 트럭, 버스, 경량 운송수단 차량에 사용되는 배터리를 포함하여 자동차용, 전기차(EV) 및 경량 운송수단(LMT) 배터리를 담당하는 네덜란드의 생산자책임기구(PRO)이다. RAI Vereniging과 함께 수립한 Battery Management Plan을 통해 ARN은 네덜란드 수입업자를 대신하여 2023년 「EU 배터리 규정」의 법적 요구사항을 준수하도록 지원하고 있다. 또한 수거 및 재활용 기업과 협력하여 사용 종료(EoL) 배터리의 수거와 재활용을 관리한다. 대부분의 사용 종료 배터리는 자동차 판매 대리점과 정비소에서 수거되며, 일부는 노후 차량이나 전선 차량에서 회수된다.

Battery Management Plan은 공동 자발적 제도로 운영되며, 자동차, 트럭, 버스, 오토바이, 모페드 등 배터리가 장착된 차량을 시장에 출시하는 수입업자와 해당 배터리의 수입업자가 참여한다. 이 제도의 재원은 시장에 출시되는 모든 배터리에 부과되는 수수료를 통해 마련된다.

2024년 기준 수거된 배터리 중 15%는 세컨드 라이프(second-life) 용도로 활용되었으며, 85%는 60% 이상의 재활용 효율로 재활용되었다. 현재 네덜란드에는 리튬이온 배터리(Li-ion)를 재활용할 수 있는 역량이 부족하기 때문에, ARN은 처리를 위해 유럽의 재활용 기업들과 협력하고 있다.

ARN은 향후 사용 종료 배터리의 물량이 크게 증가할 것으로 예상하고 이에 대비하고 있다. 전기차 배터리의 수명을 정확히 예측하는 것은 어렵지만, 최근 자료에 따르면 15-20년 이상의 내구성을 보이는 것으로 나타났다. 이에 ARN은 자동차 해체 기업에서의 운영을 미래에 대비할 수 있도록 안전 교육 프로그램을 도입하여 고전압 배터리를 안전하게 취급할 수 있도록 하고 있다. 또한 이러한 배터리의 분해, 보관, 관리 과정에서 안전 기준을 준수하도록 하기 위한 인증 제도도 추진 중이다.

전기·전자 장비 및 배터리를 위한 Stichting OPEN

Stichting OPEN(Organisation for Producer Responsibility for E-waste Netherlands)은 네덜란드에서 전기·전자 장비 및 배터리에 대한 생산자책임재활용제도(EPR)를 공식적으로 이행하는 기관이다.

이 재단은 국내 1만 1천여 개 생산자와 수입업자를 대표하며, 폐배터리의 적절한 등록과 보고, 그리고 안전한 수거 및 처리 과정을 관리한다. 또한 EUCOBAT(유럽 배터리 규정 준수 제도 협회) 및 CO-NEBI(유럽 자전거 산업 연맹)와 같은 유럽 차원의 단체들과 긴밀히 협력하여 모범 사례, 규제 동향, EU 규정 준수 방안을 공유하고 있다.



자전거(전기자전거) 배터리를 위한 Stichting EPAC

Stichting EPAC(Electric Power Assisted Cycle)은 100여 개 이상의 생산자와 수입업자를 대신하여 자전거 배터리의 수거 및 재활용을 관리한다. 이 기관은 폐기된 자전거 배터리가 전자폐기물로 처리되지 않도록 적절히 회수되고, 처리 및 재활용되도록 보장한다.

배터리 등록제(Battery Register)

배터리 규정(Batteries Regulation)은 회원국이 생산자(배터리) 등록부를 구축하고 유지하도록 요구하고 있다. 등록에서 EPR 제도, 이행, 그리고 감독에 이르는 시장 접근 체계가 폐쇄적이고 일관된 구조로 운영되는 것은 배터리에 대한 생산자책임재활용제도(EPR)의 효과적인 이행을 보장하기 위해 필수적이다.

네덜란드에서는 Rijkswaterstaat(RWS)가 구축·관리하는 Battery Register가 이 체계에서 핵심적인 역할을 한다. 모든 생산자는 검증 절차를 거쳐 등록번호를 부여받아야 하며, 등록되지 않은 생산자는 네덜란드 시장에 배터리를 출시할 수 없다.

효과적인 검증 절차는 다음과 같은 단계로 이루어진다.

1. 정부가 지정하고 인증한 기관에 의한 시장 적합성 검증 (제품 안전, 라벨링, CE 요구사항 등)
2. RWS와 인프라·수자원부(Ministry of Infrastructure and Water Management)가 심사하는 공동 또는 개별 승인 신청을 기반으로 수행되는 EPR 의무 이행 여부 검증(수거, 보고, 자원 조달)

이러한 절차를 통해 RWS는 Battery Register에서 시장 적합성 요건을 충족한 생산자만 등록하는 견고한 시스템을 구축하고 있다. 등록된 생산자는 이후 자신이 시장에 출시한 제품의 사용 종료 단계에 대해 EPR 의무를 이행해야 한다.

Stichting OPEN은 **생산자책임기구(PRO)**로서, RWS의 Battery Register에 시장 적합성 기준에 따라 등록된 생산자를 휴대용 배터리 및 자전거 배터리의 공동 수거 시스템에 편입시킨다. 참여를 원하지 않는 생산자는 OPEN에 의해 **ILT(Human Environment and Transport Inspectorate)**에 보고되며, 해당 기관은 감독 권한을 가진 기관으로서 이들 생산자에게 네덜란드 시장 접근 권한이 더 이상 없음을 통보한다.



EU 배터리 규정: 실제 적용상의 과제

EU 배터리 규정은 재사용과 고품질 재활용을 촉진하고 있다. 그러나 실제 적용 과정에서는 여전히 여러 과제가 남아 있다. 주요 문제 중 하나는 배터리가 점점 증가하는 폐기물 흐름이 되고 있는 반면, 재사용은 기술적으로 복잡하며 적절한 시험 없이 이루어질 경우 안전하지 않을 수 있다는 점이다. 그러나 이러한 시험에 대한 유럽 차원의 표준은 아직 마련되지 않은 상황이다. 동시에 온라인 판매를 통해 시험을 거치지 않은 수입 배터리가 EU 시장에 유입되면서 규정 준수 및 안전 점검을 회피하는 사례도 발생하고 있다. 이러한 위험을 완화하기 위해서는 세관 통제 협력과 EU 전역의 시장 감시 강화가 도움이 될 수 있다.

불법 거래

또 다른 주요 문제는 사용 종료(EoL) 배터리의 불법 거래이다. 일부 배터리는 초기 사용 수명이 끝난 이후에도 여전히 가치 있는 구성 요소를 포함하고 있다. 이러한 소재들은 공식 유통 경로 밖에서 구매되거나 결합되어 재판매되기도 한다. 예를 들어 온라인 시장에서는 시험을 거치지 않은 “수리된(repaired)” 또는 “결합된(combined)” 전기전자기 배터리가 판매되고 있다. 이러한 제품은 심각한 안전 문제를 초래할 수 있으며, 재사용이나 재활용이 경제적으로 가능하도록 하는 데 필요한 공식적인 재활용 물량을 감소시키는 요인이 된다. 의무적인 시험 기준과 집행이 마련되지 않는 한 이러한 비공식 시장은 계속해서 통제되지 않은 상태로 남게 된다.

시장 불균형

EU의 단일 시장은 기회를 제공하는 동시에 배터리 산업에 불균형 위험을 초래할 수 있다. 이 제도가 효과적으로 작동하기 위해서는 EU 전역에서 조화로운 이행과 집행이 이루어져야 한다. 그렇지 않을 경우 배터리는 가격이 가장 저렴한 국가에서 구매되고, EPR 제도가 운영되는 국가에서 폐기되는 현상이 발생할 수 있으며, 이는 해당 국가에 더 높은 비용과 환경 부담을 초래한다.

디지털 제품 여권

디지털 제품 여권(Digital Product Passport)은 새로운 규정의 요구사항 중 하나로, 투명성을 확보하는 데 강력한 수단이 될 수 있다. 이 여권에는 각 배터리의 원산지, 구성 성분, 탄소 발자국, 재활용 가능성 등에 관한 정보가 포함된다. 이를 통해 규제 기관은 모든 수입 제품을 개별적으로 시험하지 않고도 규정 준수 여부를 확인할 수 있다. 그러나 이 시스템은 인간의 오류나 조작에 취약할 수 있기 때문에, 독립적인 검증과 신뢰할 수 있는 데이터 공유가 필수적이다.

새로운 EU 규제 체계는 기능하는 순환형 배터리 시장을 구축하기 위한 기반을 마련할 것이다. 시험 기준, 제품 정보, 재사용 기준을 도입함으로써 높은 비용으로 인한 규모 확대의 어려움, 규제의 부재, 집행 부족 등 현재의 일반적인 문제를 해결하는 데 기여할 것이다. 잘 규제된 배터리 시장은 생산자, 수입업자, 재활용 기업, 소비자 모두에게 이익이 된다. 안전성, 환경 영향, 공정한 경쟁은 공동의 노력에 달려 있다.

“잘 규제된 배터리 시장은 생산자, 수입업자, 재활용업체, 소비자 모두에게 이익이 된다.”



순환형 배터리 가치사슬을 촉진하는 네덜란드 주요 기관

기업 목록

정책, 혁신, 협력을 통합적으로 추진함으로써 네덜란드는 진정한 순환형 배터리 경제를 구축하기 위한 기반을 마련하고 있다. 전략적 배터리 정책 체계, 연구개발(R&D)에 대한 투자, 그리고 견고한 생산자책임재활용제도(EPR)를 통해 네덜란드는 유럽이 핵심원자재에 대한 의존도를 낮추고, 지속가능한 산업 성장을 창출하며, 회복탄력적이고 기후중립적인 에너지 시스템으로의 전환되도록 지원하고 있다.

이러한 전환을 이끄는 전문성과 역량의 폭과 깊이를 보여주기 위해, 다음 색인은 순환형 배터리 가치사슬 전반에서 활동하는 네덜란드 기관들을 개괄적으로 제시한다. 각 기관 소개에는 주요 활동, 혁신 분야, 연락처 정보가 포함되어 있으며, 이를 통해 네덜란드의 성장하는 배터리 생태계 내에서 협력, 파트너십, 투자 기회를 모색할 수 있는 창구를 제공한다.

1. 활물질 공급/가공 

- 1.1 망간
- 1.2 클래스 I 니켈
- 1.3 코발트 농축물
- 1.4 리튬 또는 가공 리튬
- 1.5 흑연

2. 수동 배터리 셀 

구성요소 제조

- 2.1 셀 하우징 및 케이싱
- 2.2 개스킷 및 씰링
- 2.3 포일 및 분리막
- 2.4 테이프, 코팅 및 절연재

3. 활물질/기능성 배터리 셀 

구성요소

- 3.1 음극
- 3.2 양극
- 3.3 전해질
- 3.4 집전체
- 3.5 바인더 및 전도성 첨가제
- 3.6 코팅 및 기능성 레이어

4. 장비 공급업체 

- 4.1 전극 제조
- 4.2 셀 조립
- 4.3 셀 마감 공정
- 4.4 모듈 및 팩 조립
- 4.5 공정 환경 제어
- 4.6 검사 및 시험
- 4.7 재활용 및 분해

5. 배터리 셀 제조 

- 5.1 혼합
- 5.2 코팅 및 건조
- 5.3 캘린더링
- 5.4 슬리팅
- 5.5 진공 건조
- 5.6 조립
- 5.7 셀 최종 공정
- 5.8 제어 및 시험

6. 모듈 및 팩 제조 

- 6.1 모듈 조립
- 6.2 팩 조립
- 6.3 배터리 관리 시스템
- 6.4 열 관리 시스템
- 6.5 기타

7. 시스템 통합 

- 7.1 고정식
- 7.2 모빌리티
- 7.3 틈새분야

8. 수거 및 분류 

9. 수리 

10. 재활용-재사용-분해 

11. 화학 조성/셀 유형 

- 11.1 NMC
- 11.2 NCA
- 11.3 LMFP
- 11.4 NMC/LMFP 혼합
- 11.5 LFP
- 11.6 소듐 이온
- 11.7 전고체 배터리
- 11.8 실리콘 음극
- 11.9 레독스 플로우 배터리
- 11.10 기타

12. R&D 

13. 배터리 시험 시설 

- 13.1 열 사이클 시험
- 13.2 화재 시험
- 13.3 고온 내성 시험
- 13.4 습열 시험
- 13.5 열 전파 시험
- 13.6 저온 내성 시험
- 13.7 진동 시험
- 13.8 기계적 내성시험
- 13.9 낙하 시험
- 13.10 사전 설정 충방전 사이클
- 13.11 충전 사이클 시험
- 13.12 성능 시험
- 13.13 염수 분무 시험
- 13.14 고도 시험
- 13.15 침수 시험
- 13.16 내부 저항 시험
- 13.17 용량 시험
- 13.18 수명 시험
- 13.19 초기 출력 시험
- 13.20 충전 유지 시험
- 13.21 외부 단락 시험
- 13.22 과방전 시험
- 13.23 내부 단락 시험
- 13.24 과충전 시험

14. 생태계 & 혁신 지원 

배터리 가치사슬



네덜란드 순환 생태계 개요

순환 배터리 분류

-  활물질 공급/가공
-  배터리 셀 구성요소 제조
-  활물질/기능성 배터리 셀 구성요소
-  장비 공급업체
-  배터리 셀 제조
-  모듈 및 팩 제조
-  시스템 통합
-  수거 및 물류
-  수리
-  재활용-재사용-분해
-  화학 조성/ 셀 유형
-  R&D
-  배터리 시험 시설
-  생태계 & 혁신 지원

기업 수

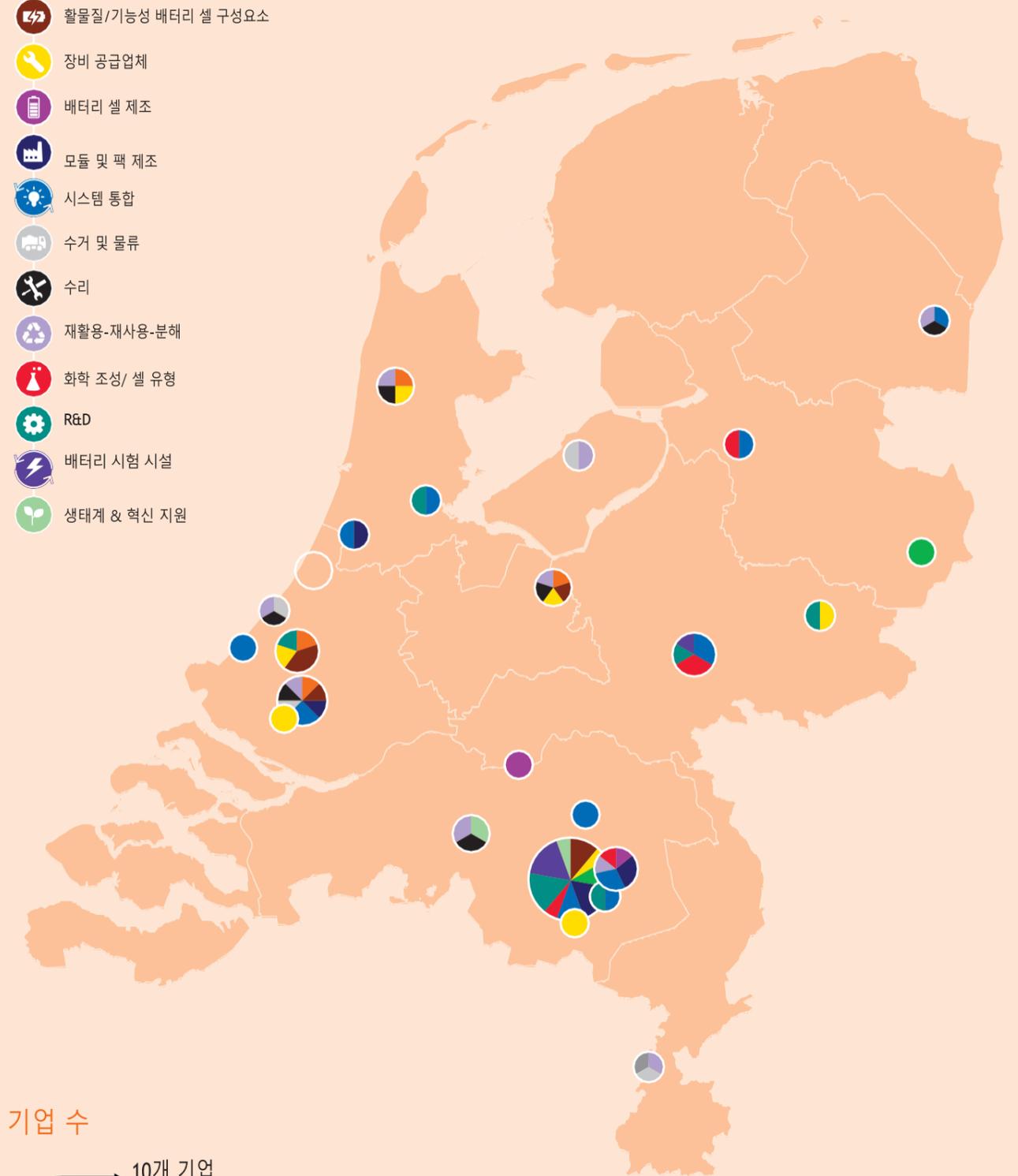
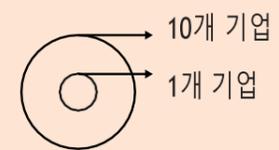


그림: 기관 별 적용 분야를 기반으로 한 네덜란드 순환형 배터리 생태계 개요

관련 네덜란드 기업 및 기관 소개

조직명															
	1 활물질 공급/가공	2 배터리 셀 구성요소 제조	3 활물질/기능성 배터리 셀 구성요소	4 장비 공급업체	5 배터리 셀 제조	6 모듈 및 팩 제조	7 시스템 통합	8 수거 및 물류	9 수리	10 재활용-재사용-분해	11 화학 조성/셀 유형	12 R&D	13 배터리 시험 시설	14 생태계 & 혁신 지원	페이지 번호
A&M Batteries															
Aeroborn															
AQUABATTERY BV															
Aurora Netherlands															
Back to Battery B.V.															
Baettery															
Battery Competence Cluster NL															
BNA Battery															
BNL Supplies B.V.															
Brabant Development Agency (BOM)															
Bronkhorst High-Tech BV															
CarbonX															
Cleantron															
De EV Garage															
DEKRA															
DENS BV															
Durapower															
Eindhoven University of Technology															
Elestor															
E-magy															
Euro Support B.V.															
Exergy Storage B.V.															
Festo B.V.															
Flexiramics B.V.															
Fortona B.V.															

조직명															
	1 활물질 공급/가공	2 배터리 셀 구성요소 제조	3 활물질/기능성 배터리 셀 구성요소	4 장비 공급업체	5 배터리 셀 제조	6 모듈 및 팩 제조	7 시스템 통합	8 수거 및 물류	9 수리	10 재활용-재사용-분해	11 화학 조성/셀 유형	12 R&D	13 배터리 시험 시설	14 생태계 & 혁신 지원	페이지 번호
Hecht Technology															
Heskon BV															
High Tech NL															
INNER															
LeydenJar															
LionVolt															
Maxwell and Spark B.v.															
Nobleo Technology															
Novocycle Technologies B.V.															
NOWOS BV															
Powall BV															
Prime Power BV - Stroomzaken															
Proven Concepts BV															
Qurmit															
SALD B.V.															
SparkNano B.V.															
Staad B.V.															
TechMatter															
Tulip Tech															
University of Twente															
Van Peperzeel BV															
VDL ETS															
VDL Groep B.V.															
Vestel Mobility															
Wattvise															

A&M Batteries
Mr. Pieter Bremmer
Humberweg 5
3197 KE Botlek Rotterdam

+31 (0) 10 762 09 90
info@ambatteries.org
www.ambatteries.nl



A&M Batteries는 리튬 배터리의 안전하고 책임 있는 수거, 보관, 재활용을 위한 포괄적이고 완전한 규정 준수 서비스 패키지를 기업 고객에게 제공한다. 당사의 솔루션은 단기 및 장기 요구를 모두 충족하도록 설계되어 있으며, 관련 법률 및 규정을 모두 준수한다.

사용 종료 배터리 관리(End-of-life battery management)에는 배터리의 안전한 처리 및 재활용이 포함되며, 운송은 ADR 지침에 따라 인증된 운송 포장을 사용하여 수행된다. 배터리는 EU 배터리 규정(EU Battery Regulation)을 준수하는 엄선된 재활용 업체를 통해 처리되며, 이를 통해 환경 영향을 최소화하고 있다. 또한 연간 보고(Annual reporting) 서비스도 제공된다.

조직 프로필



Aeroborn
Mr. Man Yong Toh
Scheepsbouwweg 8
3089 JW Rotterdam

+ 31 (0) 6 454 689 48
hello@aeroborn.com
www.aeroborn.com

Aeroborn은 특허받은 전기화학 플랫폼 기술을 통해 탄소 폐기물을 전략적 자원으로 전환하는 유럽의 다테크 기업이다. 이 회사는 배터리 폐기물과 포집된 이산화탄소를 고성능 순환 소재로 전환함으로써, 유럽 배터리 공급망의 핵심 취약 요소를 해결하는 데 기여하고 있다. 배터리 재활용과 첨단 소재 제조의 교차 영역에서 활동하는 Aeroborn은 그래핀-실리콘 음극, 그래핀, 재활용 흑연, 슈퍼커패시터용 특수 활성탄 및 여과용 범용 활성탄과 같은 네 가지 제품군을 생산한다. Aeroborn의 독자적인 전기화학 공정은 우수한 성능을 제공하면서도 업계에서 가장 낮은 수준의 탄소 발자국을 유지하는 것이 특징이다.



조직 프로필



또한 A&M은 로테르담 항(Rotterdam Port)에 허가를 받은 리튬 배터리 보관 시설을 운영하고 있으며, PGS 37-2 지침 적용과 관련한 전문 자문을 제공하고 있다. 필요 시 현장에 배치할 수 있는 저장 컨테이너도 공급한다. 또한 적절한 경우 배터리 재사용(reuse) 또는 리퍼비시(refurbishment) 가능성도 검토한다.

기업 고객은 리튬 배터리의 안전하고 책임 있는 취급을 위한 전문적인 자문과 맞춤형 솔루션을 제공받을 수 있다.

로테르담 항(Port of Rotterdam)에 기반을 둔 Aeroborn은 업계 베테랑과 심층적인 기술 전문성을 결합하여 연구실 단계의 혁신 기술을 상업 생산 단계로 확장(scale-up)하고 있다. 회사의 사명은 수입 원자재 의존도를 낮추는 지속가능하고 회복력 있는 공급망 구축을 통해 유럽의 순환형 배터리 경제를 구현하는 데 있다.

이 플랫폼 기술은 폐기물 소재를 처리하는 동시에 배터리급 소재를 생산함으로써 이중 수익 구조(dual revenue streams)를 창출한다. 또한 생산되는 소재는 엄격한 규제 기준을 충족하는 배터리 등급 소재로 활용될 수 있다. 이러한 독자적인 위치는 유럽 배터리 산업의 자립 필요성이라는 시급한 과제에 대응하는 동시에, 여러 산업 분야에서 탈탄소화 목표 달성을 지원한다. Aeroborn의 접근 방식은 완전 재활용 가능하고 기존 시스템에 바로 적용 가능한(drop-in compatible) 소재를 통해 환경적 과제를 경쟁력 있는 산업 기회로 전환하는 것을 목표로 한다.

AQUABATTERY BV
Dr. Ir. Jiajun Cen
HQ: Eikenlaan 255C
2404 BP Alphen aan de Rijn
LAB: Grasweg 31
1031HW, Amsterdam

+31 (0) 172 850 106
info@aquabattery.com
www.aquabattery.com



조직 프로필



Aurora Netherlands
Paul van Rooijen
Gulberg 10
5674 TE Nuenen

+31 (0) 402 092 100
aunl.info@aurora-eos.com
www.aurora-eos.com/en



조직 프로필



AQUABATTERY는 물과 식염(소금)을 이용해 전력을 저장하는 장주기 에너지 저장(long-duration energy storage) 시스템을 개발·보급하고 있으며, 이를 통해 안전하고 지속가능하며 경제적인 전력 저장을 실현하고 있다. AQUABATTERY의 기술은 독자적인 흐름전지(flow battery) 구조를 기반으로 하며, 출력(power)과 저장 용량(energy)을 분리(decouple)함으로써 모듈형 방식으로 유연한 확장이 가능하다. 이러한 특성은 상업·산업 시설, 재생에너지 프로젝트, 유틸리티 전력 시스템 등 다양한 분야에서 활용될 수 있다.

AQUABATTERY 시스템은 기존 인프라와 신규 인프라 모두에 원활하게 통합될 수 있으며, 완전한 전기화 사회와 순환경제로의 전환을 지원한다. 전 세계의 주거 지역, 산업 현장, 재생에너지 발전소 곳곳에서 AQUABATTERY가 조용히 청정 전력을 저장하고 있다면, 필요할 때 언제든지 안정적으로 전력을 공급할 수 있을 것이다.

희소하거나 독성 또는 인화성이 있는 물질을 사용하지 않는 AQUABATTERY는 현재 이용 가능한 가장 지속가능하고 순환적인 에너지 저장 기술 중 하나를 제공한다. 지금까지 네 개의 파일럿 설치 프로젝트가 완료되었으며, 그중에는 델프트(Delft)의 Deltares에 설치된 5 kW / 50 kWh 시스템이 포함된다. 또한 추가적인 설치 프로젝트가 진행 중이며, AQUABATTERY는 유럽을 시작으로 상업적 보급을 준비하고 있다.

AQUABATTERY는 완전히 유럽 기반의 공급망 구축을 목표로 하며, 이를 통해 에너지 시스템의 회복력과 자립성을 강화하고자 한다. AQUABATTERY의 미션은 안전하고 지속가능하며 경제적인 에너지 저장 솔루션을 제공함으로써 탄소중립(net-zero) 달성을 지원하는 것이다

혁신은 우리의 행동을 이끄는 원동력이다. 1930년 차량 장착 난방 시스템(vehicle-attached heating)의 혁신적 개발은 AURORA의 시작을 알렸다. 오늘날에는 전기 모빌리티를 위한 에너지 효율적인 솔루션이 당사의 주요 개발 방향이 되고 있다. AURORA의 차별화된 경쟁력은 열교환기와 판금 부품에서 합성 소재 부품, 전자 부품에 이르기까지 전체 시스템의 핵심 구성요소를 자체적으로 개발하고 제조한다는 점에 있다.

AURORA의 HVAC 시스템과 부품은 온로드 및 오프로드 차량에서 주행 편의성을 극대화하면서 에너지 소비를 최소화하도록 설계되어 있다. 최고의 시스템과 부품을 개발하기 위한 우리의 노력은 매일 개발과 생산 과정에서 새로운 도전을 만들어낸다. AURORA는 전 세계 시장을 대상으로 선도적인 맞춤형 시리즈 솔루션을 지속적으로 모색하고 있다.

AURORA는 미래 모빌리티의 새로운 기준을 제시한다. AURORA는 TÜV SÜD의 시험 및 검증을 거친 버스용 R290 HVAC 솔루션을 제공하는 소수의 제조업체 중 하나이다. 또한 버스와 운전석(cab) 적용을 중심으로 추가적인 R290 기반 제품 개발을 지속적으로 추진하고 있다.

AURORA는 천연 냉매 R290(프로판)을 기반으로 한 기술을 적용하고 있으며, 이는 고성능·지속가능·미래 대응형 냉매 솔루션이다. 반면 합성 냉매는 EU F-가스 규정(EU-2024-573)에 따라 사용이 점차 제한되고 있다.

Back to Battery B.V.
Steven Lans
Schiekade 7
2627 BL Delft

+31 (0) 6 539 777 80
Upcycle@back-to-battery.nl
www.back-to-battery.nl



Back to Battery는 사용이 종료된 리튬이온 배터리(end-of-life Li-ion batteries)로부터 새로운 배터리 소재를 생산하는 기업으로, 블랙 매스(black mass)에서 핵심원자재(Critical Raw Materials)를 지속가능하게 회수하는 폐쇄형 순환 재활용(closed-loop recycling) 기술을 개발하고 있다.

수명이 종료된 리튬이온 배터리에는 여전히 많은 가치 있는 소재가 포함되어 있기 때문에, 이러한 소재를 회수하는 것은 매우 중요하다. 특히 에너지 전환이 본격적으로 진행되면서 배터리 수요가 급증하고 있는 현재의 상황에서 이러한 소재 회수는 더욱 의미가 크다.

에너지 전환은 곧 소재 전환(material transition)이기도 하다. 폐배터리의 증가 추세는 큰 기회를 제공하며, 이는 이른바 **도시 광산(urban mine)**을 형성한다. 앞으로 페리튬이온 배터리는 시장에 대량으로 유입될 것으로 예상된다.

조직 프로필



Baettery
Arjan Visser
Schipholweg 103
2316 XB Leiden

+31 (0) 6 574 782 81
info@baettery.nl
www.baettery.nl

Baettery는 친환경 에너지 저장 기술을 유통하고 통합하는 네덜란드 기업으로, 기업과 공공기관을 대상으로 안전하고 지속가능하며 경제적인 에너지 저장 솔루션을 제공하고 있다. 이 회사는 리튬이온 배터리의 차세대 대안으로 평가되는 무독성 소듐이온 배터리(sodium-ion batteries)에 중점을 두고 있으며, 동시에 혁신적이고 순환경제 기반의 다양한 에너지 저장 기술에도 열린 접근을 취하고 있다.

재생에너지, 프로젝트 개발, 정책 자문 분야에서 10년 이상의 경험을 보유한 Baettery의 팀은 기술, 규제, 그리고 실제 현장 적용 간의 간극을 연결하는 역할을 수행하고 있다. Baettery는 지속가능한 배터리 시스템을 네덜란드 및 유럽 시장에 공급하기 위해 제조업체와 OEM과의 파트너십을 적극적으로 추진하고 있다. Baettery의 미션은 친환경 에너지 저장을 새로운 표준으로 만드는 것, 즉 신뢰할 수 있고, 안전하며, 지속가능한 에너지 저장 솔루션을 보편화하는 것이다.

BAETTERY
Your better battery

조직 프로필



BNA Battery
Mr. D. Bakker
Berenkoog 44 A
1822 BJ Alkmaar

+31 (0) 6 436 665 86
info@bna-group.nl
www.battery-bna.com



네덜란드 알크마르(Alkmaar)에 본사를 둔 BNA Battery는 하이브리드 자동차 배터리 팩의 교체 및 리퍼비시(refurbishment)를 전문으로 하는 기업이다. 특히 Toyota, Lexus, Honda, Peugeot, Citroën 브랜드 차량을 중심으로 서비스를 제공하고 있다. 딜러를 통한 배터리 교체 비용이 매우 높은 문제를 해결하고자 두 명의 엔지니어가 설립한 이 회사는, 각 NiMH 배터리 셀을 개별적으로 분석하고 결함 셀을 식별하기 위한 자체 진단 소프트웨어를 개발하였다.

당사의 서비스 모델은 크게 세 가지 옵션으로 구성된다. 신규 셀 배터리 팩(기존 하우징과 전자 부품 사용, 배터리 셀은 완전히 새 셀로 교체한 배터리팩), 완전 리퍼비시 배터리 팩, 전손 처리된 하이브리드 차량에서 회수한 저사용 배터리(young used) 팩.

BNA Battery는 소재 재사용, 배터리 수명 연장, 그리고 리퍼비시 배터리 팩에 대해 최대 12개월 보증을 제공함으로써 지속가능성을 강조하고 있다.

또한 자체 워크숍과 네덜란드 및 파리 지역에서의 현장 이동 설치 서비스, 그리고 유럽 전역 배송 서비스를 운영하며 사업 범위를 지역 수준을 넘어 확장해 왔다. 현재 판매되는 배터리 팩의 약 80%는 네덜란드 외 지역으로 공급되고 있다.

BNA Battery의 핵심 가치 제안은 하이브리드 차량을 위한 고품질·저비용·지속가능한 배터리 교체 솔루션을 제공하는 것이다

조직 프로필



Battery Competence Cluster NL
Bram Hendrix
Automotive Campus 30
5708 JZ Helmond

0492 56 22 11
info@batterycompetencecluster.nl
www.batterycompetencecluster.nl/en/

Battery Competence Cluster - NL(BCC-NL)은 네덜란드에서 강력한 배터리 생태계 구축을 목표로 하는 혁신 프로그램이다. 산업계, 연구기관, 산업협회가 BCC-NL과 협력하여 배터리 기술 분야의 지식과 역량을 축적·강화하고 있다. 이 민간 협력(public-private partnership) 체계는 네덜란드의 배터리, 운송, 에너지 산업을 하나로 연결하여 에너지 전환과 배터리 기술이 제공하는 기회를 활용하고 가속화하는 것을 목표로 한다.

Battery Competence Cluster - NL

조직 프로필



- 물질 공급/가공
- 배터리 셀 구성요소 제조
- 활물질/기능성 배터리 셀 구성요소
- 시스템 통합
- 수거 및 물류
- 장비 공급업체
- 배터리 셀 제조
- 모듈 및 팩 제조
- 화학 조성/셀 유형
- R&D
- 수리
- 배터리 시험 시설
- 재활용 - 재사용 -분해
- 생태계 & 혁신 지원

BNA Battery

Jade Lee (Hsiu-Fen, Lee)
Jan Pieterszoon Coenstraat 7,
2595 WP, The Hague

+31 (0) 6 46 72 33 99
hflee@bnlsupplies.com
www.bnlsupplies.com



조직 프로필



Brabant Development Agency (BOM)

Lissa Pons
Goirleseweg 15
5026 PB Tilburg

+31 (0) 88 831 11 20
lpons@bom.nl
www.bom.nl/en



조직 프로필



BNL Supplies B.V.는 네덜란드 헤이그(The Hague)에 본사를 둔 기업으로, 2020년에 설립되었다. 회사는 현재 세 개의 사업 부문을 중심으로 운영하고 있다.

첫 번째로, 리튬이온 배터리의 애프터서비스(after-sales services)를 제공하며, 여기에는 시험, 수리, 재작업(reworking), 리퍼비시(refurbishing), 분해(dismantling), 재사용(re-use), 재활용(recycling)이 포함된다. 주요 고객은 최종 사용자에게 2년 이상의 보증을 제공해야 하는 B2B 기업들이다. BNL Supplies는 EU 전역의 브랜드 기업들로부터 ADR 규정을 준수한 운송 방식으로 손상된 배터리를 수거하며, 배터리 제조업체로부터 BMS 장치와 소프트웨어 구성품을 받아 수리 서비스를 수행하기도 한다. 이러한 애프터서비스는 전기자전거(e-bike), 전동 스쿠터(e-scooter), 전기 오토바이(e-motorcycle), 에너지 저장 시스템(ESS), 전기차(EV) 등에 사용되는 배터리를 대상으로 제공된다.

기업가정신은 혁신의 원동력이다. 지속가능한 식량 공급원, 건강한 미래, 탄소중립 에너지, 그리고 유망한 핵심 기술 개발에 이르기까지 브라반트 개발청(Brabant Development Agency, BOM)은 이러한 분야에서 활동하는 스타트업이 빠르게 출발하여 스케일업 기업으로 성장할 수 있도록 지원하고 있다. 또한 브라반트 지역 기업들이 필요한 인프라와 지원을 적시에 이용할 수 있도록 하고, 글로벌 시장 진출을 목표로 하는 기업들이 실제로 이를 실현할 수 있도록 돕는다. BOM은 매년 수십 개 기업과 협력하며 이러한 성과를 만들어가고 있다.

BOM은 브라반트 주(Province of Brabant)와 네덜란드 경제부(Ministry of Economic Affairs) 산하의 실행 기관이다. BOM. 변화를 촉진하다.

둘째, 당사는 에너지 솔루션 공급업체로서 에너지 저장 시스템(ESS)과 태양광 패널 등의 제품을 유통하고 있다. 또한 여러 중국 브랜드와 **한국 브랜드 현대(Hyundai)**의 공식 유통사로 활동하고 있다.

셋째, 당사는 2024년에 소프트웨어 엔지니어링 팀을 설립하여 EU 규정 2023/1542에 부합하는 Battery Passport 소프트웨어/플랫폼을 개발하였다. 이 제도는 2027년부터 EU 전역에서 시행될 예정이다. 또한 당사는 브뤼셀에 위치한 Global Battery Alliance(GBA)의 회원이며, 독일 자동차 산업 네트워크의 일부인 Catena-X의 Battery Passport 전문가 그룹에도 참여하고 있다. 당사의 Battery Passport 소프트웨어/플랫폼의 로고는 BNLPASS이다.

브라반트 지역은 배터리 기술의 미래를 이끌고 있는 혁신 기업, 첨단 제조기업, 그리고 세계적으로 인정받는 연구기관이 집적된 곳이다. 이 지역에서는 박막(thin-film) 기술, 계면 공학(interface engineering), 플라즈마 화학(plasma chemistry) 분야의 전문성을 바탕으로 배터리 성능을 향상시키는 첨단 음극(anode) 기술과 공간 원자층 증착(Spatial Atomic Layer Deposition, ALD) 기술이 개발되고 있다. 또한 고혼합-고복잡-저량 생산(high-mix, high-complexity, low-volume production)에 특화된 제조 역량을 갖추고 있어 신규 배터리 기술의 신속한 상용화와 적용을 가능하게 한다. 브라반트는 중-대형 모빌리티 전동화 분야에서도 강점을 보이며, DAF와 VDL과 같은 OEM 기업들이 이를 선도하고 있다. 이처럼 브라반트는 첨단 연구 역량과 산업 현장의 전문성을 결합하여 차세대 배터리 소재와 부품, 첨단 장비, 통합 배터리 시스템 개발을 이끄는 핵심 거점으로 자리매김하고 있다.

Bronkhorst High-Tech BV
Gerhard Bauhuis
Nijverheidsstraat 1A
7261 AK Ruurlo

+31 (0) 573 458 800
g.bauhuis@bronkhorst.com
www.bronkhorst.com



조직 프로필



CarbonX
Sophie Dik
Molengraaffsingel 8
2629JD Delft

+31 (0) 15 203 60 07
info@carbonxmaterials.com
www.carbonxmaterials.com



조직 프로필



Bronkhorst High-Tech는 유량 측정 및 제어 기술(flow measurement and control technology) 분야의 선도적인 제조기업이다. 이 회사는 **기체와 액체의 저유량(low flow rate)**을 정밀하게 측정-제어하기 위한 열식(thermal), 코리올리(Coriolis), 초음파(ultrasonic) 방식 유량계와 컨트롤러 등 폭넓은 제품군을 제공하고 있다. 일부 장비는 클린룸 환경에서 생산되며, 연구실, 시험 장비(test-benches), 산업용 설비 및 다양한 산업 분야에서 활용되고 있다.

CarbonX는 음극 물질 공급망에서의 지정학적 리스크를 줄이고자 하는 리튬이온 배터리 셀 제조업체들을 위해, 수입 흑연(graphite)을 대체할 수 있는 유력한 대안으로 부상하고 있다.

CarbonX는 흑연을 대체하기 위한 완전히 독립적인 음극 물질 공급망을 구축하고 있으며, 확장된 생산 역량을 바탕으로 성능과 품질을 유지하면서도 규모의 경제(economies of scale)를 실현하고 있다.

또한 축적된 기술 지식과 OEM 고객과의 긴밀한 협력을 바탕으로 가스 혼합, 액체 정량 공급, 증기 유량 제어 등을 위한 다기능 사전 테스트 모듈 또는 스킨드(skids) 형태의 맞춤형 저유량 솔루션도 개발하고 있다. 본사는 네덜란드 루르로(Ruurlo)에 위치하며, Bronkhorst는 유럽, 미국, 아시아에 12개의 자회사를 두고 있다. 또한 전 세계 30개국 이상에 구축된 유통 네트워크를 통해 글로벌 시장에 서비스를 제공하고 있다.

CarbonX의 소재는 독특한 구조적 특성을 통해 흑연과 동등한 성능을 제공할 뿐만 아니라 더 빠른 충전 속도와 높은 안정성 등 추가적인 장점을 제공한다. 또한 특허 기술을 기반으로 전 세계 각 대륙의 생산 파트너들과 협력하여 고객에게 현지화된 공급 솔루션을 제공하고 있다. CarbonX의 고효율 공정은 합성 흑연 대비 최대 5배 낮은 탄소 발자국을 달성한다.

CarbonX의 EU 내 첫 완전 독립 생산 시설은 2030년 가동 예정으로, 이는 보다 안정적이고 지속가능한 배터리 물질 공급 체계를 구축을 위한 중요한 이정표가 될 것이다. 지정학적 리스크를 제거함으로써 CarbonX는 흑연을 대체할 수 있는 전략적이고 검증된 대안으로 자리매김하고 있다.

- 물질 공급/가공
- 장비 공급업체
- 배터리 셀 구성요소 제조
- 배터리 셀 제조
- 활물질/기능성 배터리 셀 구성요소
- 모듈 및 팩 제조
- 시스템 통합
- 화학 조성/셀 유형
- 수거 및 물류
- R&D
- 수리
- 배터리 시험 시설
- 재활용 - 재사용 -분해
- 생태계 & 혁신 지원

Cleantron

Eleonora Di Mase
Pesetaweg 37/32
2153 PJ Nieuw-Venep

+31 (0) 71 887 60 76
info@cleantron.nl
www.cleantron.nl



Cleantron은 모빌리티, 산업 자동화, 건설 장비 분야를 위한 리튬이온 배터리 모듈 및 시스템을 설계·제조하는 기업이다. 이 회사는 전기자전거(e-bikes), 경형 전기차(light electric vehicles), AGV(무인 운반 차량), 물류창고 로봇, 건설 장비, 농업 장비 등 다양한 용도에 적용되는 저전압 및 고전압용 표준 및 맞춤형 배터리 팩을 개발한다. Cleantron의 모든 배터리는 네덜란드에 위치한 ISO 인증 자동화 공장에서 설계·제조되며, 자체 개발한 배터리 관리 시스템(BMS)과 열 관리 솔루션을 통해 성능, 안전성, 내구성 및 시스템 통합성을 확보하고 있다.

조직 프로필



De EV Garage

Hendrik Ludwig
Warmeeweg 28
7815HG Emmen

+31 (0) 591 614 554
info@deevgarage.nl
www.deevgarage.nl/en

우리는 에멘(Emmen) 지역을 비롯한 인근 지역에서 전기차 분야를 선도하는 전문 기업이다. 배터리 팩 수리, 유지보수, 진단, 공조(에어컨) 서비스, 부품 공급 등 전기차와 관련된 다양한 서비스를 제공하며, 경형 전기차(LEV), 전기 승용차, 경상용 전기차를 대상으로 서비스를 수행한다.

Cleantron의 사명은 첨단 엔지니어링 기술을 기반으로 표준 배터리 모듈 또는 고객 맞춤형 솔루션을 통한 제공함으로써, 다양한 모빌리티 및 오프하이웨이(off-highway) 분야에서 리튬이온 에너지 저장 기술이 최우선 선택이 되도록 하는 것이다.

당사는 특히 Nissan Leaf / e-NV200, Citroën C-Zero, Mitsubishi i-MiEV, Peugeot Ion 모델을 중심으로 전문적인 서비스를 제공한다.

또한 사용된 전기차 배터리, 특히 사용된 Leaf 배터리 팩을 기반으로 한 에너지 저장 시스템도 제공하고 있다.

조직 프로필



물질 공급/가공
 장비 공급업체

배터리 셀 구성요소 제조
 배터리 셀 제조

활물질/기능성 배터리 셀 구성요소
 모듈 및 팩 제조

DEKRA

Gert-Jan van der Have
Solenne Lefevre
Meander 1051
6825 MJ Arnhem

+31 (0) 88 968 30 00
sales.nl@dekra.com
www.dekra.nl/en/
battery-testing-and-certification/



조직 프로필



DENS BV

Anke Prinssen
Automotive Campus 70
5708 JZ Helmond

+31 (0) 85 273 60 22
info@dens.one
www.dens.one

DEKRA는 차량 시험을 통해 도로 안전을 확보하기 위해 1925년에 설립되었다. 현재 DEKRA는 시험(testing), 검사(inspection), 인증(certification) 분야에서 세계 최대 규모의 독립 비상장 전문기관이다. 글로벌 서비스 및 솔루션 제공 기업으로서 고객이 안전성, 보안성, 지속가능성을 향상시킬 수 있도록 지원하고 있다.

DEKRA의 역사는 자동차 산업에서 시작되었다.*Deutsche Kraftfahrzeug-Überwachungs-Verein e.V.(독일 자동차 검사 협회)는 1925년 베를린에서 설립되었으며, 이후 DEKRA는 지속적으로 안전 확보에 기여해 왔다. 초기에는 주로 자동차 분야의 기술 안전성에 초점을 맞추었지만, 현재는 활동 범위를 확대하여 도로, 직장, 가정 등 일상생활의 다양한 영역에서 안전을 다루고 있다.

배터리 산업에서 축적된 수십 년의 전문성과 신뢰, 투명성, 품질 보증을 기반으로 한 검증된 경험을 바탕으로, DEKRA는 배터리 미래를 함께 만들어가는 신뢰할 수 있는 파트너이다. DEKRA는 전 세계에 구축된 첨단 배터리 시험 연구소 네트워크와 지속가능성 및 순환성에 대한 깊은 전문성을 바탕으로 다양한 산업 분야에 걸친 기술 역량을 제공하며, 이를 통해 업계가 더 안전하고, 더 신뢰할 수 있으며, 더 지속가능한 배터리 솔루션을 개발할 수 있도록 지원하고 있다.

DENS는 브레인포트(Brainport) 지역 중심부에 위치한 첨단 기술 기업으로, 안전성, 에너지 밀도, 신뢰성 측면에서 새로운 기준을 제시하는 고성능 배터리 시스템을 설계·제조하고 있다.

DENS의 시스템은 전적으로 네덜란드에서 개발 및 생산되며, 사용되는 부품 또한 대부분 네덜란드 및 유럽 공급업체로부터 조달된다. 이를 통해 높은 품질과 안정적인 공급 체계를 확보하고 있다.

모듈형 설계 방식을 기반으로 DENS는 차량 및 장비 충전부터 전력망 혼잡(grid congestion) 지역에서의 (임시) 에너지 공급 솔루션에 이르기까지 다양한 적용 분야에 맞춘 유연한 제품 포트폴리오를 제공한다. 또한 자체적으로 소프트웨어, 애플리케이션, API를 개발하여 고객 플랫폼과의 완전한 맞춤화 및 순쉬운 통합, 그리고 신속한 업데이트 배포가 가능하도록 지원한다. 이러한 내부 개발 역량을 통해 DENS의 에너지 솔루션은 강력한 성능뿐만 아니라 지능형, 연결성, 미래 대응성을 모두 갖추고 있다.

DENS: 유럽에서 설계된 기술, 성능을 위해 구축된 솔루션.

조직 프로필



시스템 통합
 화학 조성/셀 유형

수거 및 물류
 R&D

수리
 배터리 시험 시설

재활용 - 재사용 -분해
 생태계 & 혁신 지원

Durapower
Adam Piotrowski
Automotive Campus 30
5708 JZ Helmond

info@durapowergroup.com
www.durapowergroup.com



조직 프로필



Durapower는 싱가포르에 본사를 두고 있으며, 전기 모빌리티와 재생에너지 분야를 위한 폐쇄형 순환(closed-loop) 기반의 엔드투엔드 에너지 저장 솔루션을 제공한다. 주요 적용 분야에는 온로드 및 오프로드 전기차, 하이브리드 및 플러그인 하이브리드 전기차, 전기 선박, 그리고 고정식 에너지 저장 시스템이 포함된다. 2009년 설립 이후 Durapower는 리튬이온 셀 기술의 선도적 혁신 기업으로 자리매김해 왔으며, 배터리 소재 연구개발, 배터리 셀 제조, 시스템 통합에 중점을 두고 기술 개발을 진행해 왔다.

Durapower는 유럽, 중국, 인도, 동남아시아를 포함한 25개국 70개 도시에 걸친 글로벌 네트워크를 기반으로, 확장 가능하고 지속가능한 배터리 솔루션을 개발하여 순환경제를 지원하고 삶의 질을 향상시키며 탄소중립 경제로의 전환에 기여하고자 한다. 한편 Durapower는 가정용 또는 소비자 전자기기용 배터리의 제조, 판매 또는 유통은 수행하지 않는다.

Elestor
Floris van Dijk
Westervoortsedijk 73 (Building BF)
6827 AV Arnhem

+31 (0) 88 353 78 67
info@elestor.com
www.elestor.com



조직 프로필



Elestor는 대규모 전력 저장 방식의 새로운 패러다임을 제시하는 기업이다. 이 회사는 **수소-철 흐름전지(hydrogen-iron flow batteries)**를 개발하여 **대규모 장주기 에너지 저장(8-130시간)**을 가능하게 하며, 이는 완전한 재생에너지 기반 전력 시스템을 구축하기 위한 핵심 요소이다. 이러한 저장 기술이 없다면 재생에너지 발전량이 낮을 때 안정적인 전력 공급이 어려워지고, 전력망은 화석연료 기반의 백업에 의존하게 되어 재생에너지 비중 확대에 한계가 발생한다.

Elestor의 혁신의 핵심에는 수소와 철이라는 두 가지 풍부하고 저비용의 원소를 이용해 에너지를 저장하는 단순하지만 강력한 개념이 있다. 이 전기화학적 과정은 높은 효율성과 안전성을 갖춘 에너지 저장 시스템을 가능하게 할 뿐만 아니라, 순환경제를 고려한 설계를 특징으로 한다. 두 활성 물질(active materials)은 반영구적으로 재사용할 수 있으며, 시스템의 수명 또한 기존 배터리보다 훨씬 길다.

Elestor의 기술은 출력(power)과 저장 용량(capacity)을 분리(decouple)하는 독특한 설계 유연성을 제공하며, 이를 통해 8시간에서 130시간까지 유연하게 확장 가능한 에너지 저장이 가능하다. 또한 철 기반 전해질(iron-based electrolyte)을 사용하여 비용을 낮춤으로써 전력망 규모(grid-scale)의 장주기 에너지 저장을 경제적으로 구현할 수 있다. 순환 가능한 소재, 확장 가능한 시스템 구조, 그리고 장주기 저장 능력을 바탕으로 Elestor는 지속가능한 전력 저장의 새로운 기준을 제시하고 있다. 이는 재생에너지의 변동성을 균형 있게 관리하고, 산업 시스템의 회복력을 강화하며, 탄소중립 사회로의 전환을 가속화하는 유연하고 지속가능한 에너지 저장 솔루션을 제공한다.

Eindhoven University of Technology
Tijs Donkers
Groene Loper 3
5612 AE EINDHOVEN

+31 (0) 40 247 35 79
M.c.f.donkers@tue.nl
www.tue.nl/batterytechnology



에인트호번 공과대학교(Eindhoven University of Technology, TU/e)는 네덜란드 브레인포트(Brainport) 지역에 위치한 국제 지향적 기술 중심 대학이다. TU/e는 지속가능한 영향력, 혁신, 그리고 사회적 가치에 중점을 두고 있다. 이 대학은 최첨단 연구와 교육을 통합하는 동시에 산업계, 정부, 지역 파트너들과의 긴밀한 협력을 적극적으로 추진하고 있다. 또한 에너지 전환, 디지털화, 헬스케어 기술 등 글로벌 과제 해결을 위한 학제 간 연구와 교육을 통해 미래 사회에 대응 가능한 사회를 구축하는 것을 사명으로 삼고 있다.

배터리 연구 분야에서 TU/e의 에너지 연구소(Energy Institute, EIRES)와 에인트호번 인공지능 시스템 연구소(Eindhoven Artificial Intelligence Systems Institute, EAISI)는 에너지 저장, 에너지 변환, 시스템 통합 분야의 연구를 주도하고 있으며, 특히 모빌리티와 장주기 에너지 저장(long-duration storage) 분야에 중점을 두고 있다. 연구진은 미시 및 거시 모델링, 박막(thin films)과 계면(interface) 기술, 레독스 플로우 배터리용 멤브레인, 배터리 관리 시스템(BMS), 전기차·드론·스마트 그리드와의 통합, 그리고 배터리 전환의 사회기술적 가치와 영향 등을 연구하고 있다. TU/e는 재료과학, 전기화학, 시스템 공학을 결합한 접근 방식을 통해 지속가능하고 효율적이며 신뢰성 높은 배터리 기술 개발을 가속화하고, 재생에너지 기반 미래 에너지 시스템 구축에 기여하고자 한다.

E-magy
Benoit Hurtel
Bijlestaal 54a
1721 PW Broek op Langedijk

+31 (0) 226 332 950
info@e-magy.com
www.e-magy.com



조직 프로필



E-magy는 혁신적인 실리콘 음극(silicon anode) 소재를 통해 리튬이온 배터리 기술을 혁신하고 있는 유럽의 첨단 소재 제조기업이다. 이 회사는 드론과 소비자 전자기기 등 다양한 분야의 차세대 배터리 기반 기기와 전기 모빌리티 전환을 지원하고 있다. E-magy는 검증된 특허 및 독자적 제조 공정을 기반으로 3세대 실리콘 음극(third-generation silicon anodes), 즉 실리콘 비중이 80% 이상인 실리콘 중심 음극(silicon-dominant anodes)을 개발하고 있다.

이를 통해 제조업체가 최대 40% 높은 에너지 밀도와 3배 빠른 충전 속도를 구현할 수 있도록 지원하는 확장 가능한 솔루션을 제공하며, 동시에 실리콘 팽창 문제를 감소시키고 환경 영향을 최소화한다. 이러한 기술은 차세대 리튬이온 배터리의 상용화를 가능하게 하는 기반이 된다.

조직 프로필



- 물질 공급/가공
- 배터리 셀 구성요소 제조
- 활물질/기능성 배터리 셀 구성요소
- 시스템 통합
- 수거 및 물류
- 장비 공급업체
- 배터리 셀 제조
- 모듈 및 팩 제조
- 화학 조성/셀 유형
- R&D
- 수리
- 배터리 시험 시설
- 재활용 - 재사용 -분해
- 생태계 & 혁신 지원

Euro Support B.V.
Jan Hilhorst
Stadsring 99
3813 XA Amersfoort

+31 (0) 33 208 27 00
info@eurosupport.com
www.eurosupport.com



Euro Support는 30년 이상 첨단 무기 소재(advanced inorganic materials)의 생산 확대(scale-up)와 맞춤형 제조(custom manufacturing)를 지원해 온 독립적인 전문 파트너이다. 이 회사는 배터리 양극(cathode) 및 음극(anode) 소재의 생산을 그림 단위부터 수천 톤 규모까지 확장할 수 있는 모든 역량을 제공하고 있다. 기존 생산 설비를 활용함으로써 Euro Support는 신기술의 초기 상용화 단계에서 발생하는 병목 현상을 해소하고, 투자 비용과 제품 출시 기간(time-to-market)을 줄이는 것을 목표로 하고 있다.

조직 프로필



Exergy Storage B.V.
Dr. Gert Jan Jongerden
Westervoortsedijk 73
Gebouw CB (Greenhouse)
6827 AV Arnhem

contact@exergy-storage.nl
www.exergy-storage.nl



Exergy Storage는 에너지 저장을 위한 새로운 지속가능 배터리 기술을 개발했으며, 현재 파트너들과 함께 이를 상용화 규모로 확대하고 있다. 이 배터리는 소금(NaCl), (재활용) 알루미늄, 철과 같은 풍부하고 경제적인 원자재를 사용하여 제조된다. 이 새로운 배터리는 높은 에너지 밀도와 안전성을 특징으로 하며, 인구 밀도가 높은 주거 지역뿐만 아니라 대규모 전력망용 시스템(컨테이너형 배터리)에도 적용할 수 있다. 또한 이러한 특성은 바지선과 여객 운송을 포함한 하천 및 연안 수로 운송의 전동화에도 적합하다. Exergy는 이 배터리를 긴 수명과 높은 심방전(deep cycling) 횟수를 견딜 수 있도록 설계하고 있으며, 동시에 **폐쇄형 소재 순환(closed material loops)**을 가능하게 하는 용이한 재활용성을 고려하여 개발하고 있다.

조직 프로필



혁신적인 아이디어를 보유한 친환경 스타트업이든, 특수 소재 생산을 위한 파트너를 찾는 글로벌 제조업체이든 Euro Support는 다양한 고객의 요구에 대응할 수 있는 역량과 의지를 갖추고 있다. 또한 원자재 조달부터 최종 품질관리(QC) 및 출하에 이르기까지 생산 전 과정을 지원하는 원스톱(one-stop-shop) 생산 파트너로서 서비스를 제공하고 있다.

네덜란드와 독일의 기업 및 연구기관(Euregio 지원) 그리고 네덜란드 대학(RVO 지원)과 협력하여 이러한 배터리의 가치사슬(value chain) 구축이 추진되고 있다. Exergy는 Nobian과 함께 소금 및 전해질 공급의 생산 확대를 준비하고 있다. 리튬이온 배터리와 달리, 이러한 배터리에 사용되는 원자재는 유럽 또는 네덜란드 내에서 채굴, 생산, 재활용이 가능하므로 희소 자원에 대한 의존성과 지정학적 리스크를 줄일 수 있다.

Festo B.V.
Jan Koudijzer
Schieweg 62
2627 AN DELFT

+31 (0) 15 251 88 99
jan.koudijzer@festo.com
www.festo.com/de/en



조직 프로필



Flexiramics B.V.
Ivana Ivanovic
Neptunusstraat 23
7521 WC Enschede

+31 (0) 53 204 05 17
info@flexiramics.com
www.flexiramics.com



조직 프로필



자동화와 기술 교육을 선도하고 형성하는 기업

Festo는 매일 미래의 작업 환경을 보다 생산적이고, 단순하며, 지속가능하게 만드는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위해 자동화와 기술 교육 분야에서 사람, 기업, 기관이 생산 현장의 디지털 미래와 새로운 기술에 대비할 수 있도록 다양한 솔루션을 개발하고 있다. 국제적인 가족 경영 기업으로서 Festo는 탄탄한 기반의 중요성을 잘 이해하고 있다. 이러한 이유로 전 세계의 단순한 대리점 네트워크에 의존하는 것이 아니라, 각 지역의 고유한 정체성을 갖춘 현지 법인을 직접 운영하고 있다. 이를 통해 약 20,600명의 전문가로 구성된 글로벌 네트워크가 구축되어 있으며, 이들은 매일 각자의 전문성을 바탕으로 Festo의 발전에 기여하고 있다. 이러한 역량은 Festo가 산업 분야에서 혁신을 이끌고 방향을 제시하는 기업으로 자리매김하는 데 기여하며, 동시에 세계 경제의 지속적인 발전을 지원하고 있다.

Flexiramics B.V.는 유연 세라믹(flexible ceramics) 기술을 선도하는 디펙트 소재 기업이다. 이 회사의 특허 기반 기술 플랫폼은 세라믹의 고온 안정성과 화학적 내구성을 부직포(nonwoven)의 유연성과 결합한 세라믹 마이크로파이버 부직포 소재를 제공한다.

Flexiramics®는 열 안정성, 화학적 내구성, 유전 순도(dielectric purity), 그리고 제어된 기공 구조(controlled porosity)를 갖추고 있어 전자 및 반도체 분야에서 기판 보강(substrate reinforcement) 소재로 활용하기에 적합하다. 또한 분리 및 정제를 위한 여과 매체, 촉매 지지체(catalyst support) 또는 시스템 성능 향상을 위한 구조 보강 소재로 활용될 수 있으며, 에너지 저장 및 열 관리 분야에서는 분리막(separator) 또는 단열 소재(thermal interface material)로도 적용될 수 있다.

주요 현황

- 1925년 독일 에슬링겐(Esslingen)에서 설립
- 전 세계 약 20,600명의 직원
- 60개국 이상에 법인 운영

Flexiramics® 소재는 섬유 화학 조성(fiber chemistry), 표면 기능(surface functionality), 구조(structure)를 맞춤 설계할 수 있어 다양한 산업 분야에서 혁신을 가능하게 하는 확장 가능한 솔루션을 제공한다.

Flexiramics® 제품은 전력 전자(power electronics), 양자 컴퓨팅(quantum computing), RF 및 센서, 첨단 패키징(advanced packaging), 미세여과(microfiltration), 에너지 및 전력 시스템 등 다양한 분야에 적용될 수 있다.

순수한 세라믹. 완전한 유연성. 미래를 위한 소재.

물질 공급/가공

배터리 셀 구성요소 제조

활물질/기능성 배터리 셀 구성요소

시스템 통합

수거 및 물류

수리

재활용 - 재사용 -분해

장비 공급업체

배터리 셀 제조

모듈 및 팩 제조

화학 조성/셀 유형

R&D

배터리 시험 시설

생태계 & 혁신 지원

Fortona B.V.
Parsa Tashacori
Popovstraat 1
8013 RK Zwolle

+31 (0) 85 487 24 10
p.tashacori@hanzestrohm.nl
www.fortona.nl



Fortona B.V.는 Parsa Tashacori가 설립한 네덜란드 기술 기업으로, 소금 배터리(Salt battery), DC 마이크로그리드, 에너지 관리 분야의 스마트 혁신을 통해 에너지 전환을 가속화하는 것을 목표로 하고 있다. Zwolle에 기반을 두고 있으며 Hanzestrohm 그룹(135명 규모)의 일원으로, Fortona는 주택 협회, 건설업체, 에너지 전문 기업들이 에너지 사용을 최적화하고 피크 부하를 줄이며 에너지 자립도를 높일 수 있도록 지원하는 하드웨어 및 소프트웨어 솔루션을 개발·제공하고 있다.

핵심 기술 역량 외에도 Fortona는 네덜란드와 벨기에 시장을 대상으로 한 하이브리드 전고체 용융염 배터리 에너지 저장 시스템(BESS) 개발을 선도하고 있다. 이 첨단 저장 기술은 전력망 유연성 확보와 재생에너지 통합을 위한 지속가능하고 100% 안전하며 확장 가능한 솔루션을 제공한다. 혁신, 지속가능성, 사회적 영향에 중점을 두고 Fortona는 국가 차원의 다양한 파트너와 협력하여 미래를 위한 보다 지능적이고 청정한 에너지 시스템 구축에 기여하고 있다.

Heskon BV
Hannes de Jong
Enschotsestraat 56
5013BD, Tilburg

+31 (0) 13 204 50 37
info@heskon.nl
www.heskon.nl/en



Heskon은 리튬 배터리 분야에서 수년간 유럽을 대표하는 서비스 제공업체 중 하나로 자리매김해 왔다. 사용된 리튬 배터리를 소비자용으로 재정비(refurbishing)하는 사업과 더불어, 최근에는 배터리 제조업체, OEM 기업, 그리고 경량 전기차(light electric vehicles) 유통업체를 대상으로 컨설팅 및 수리 서비스 제공에 점점 더 주력하고 있다.

이 독립적인 배터리 전문 기업은 네덜란드 틸뷔르흐(Tilburg)에 위치해 있으며, 대규모 수리 및 재제조(remanufacturing)가 가능한 전용 서비스 센터를 운영하고 있다. Heskon의 기술자들은 경량 전기차 및 산업용 분야에서 사용되는 리튬이온(Li-ion) 배터리를 전문적으로 다루고 있다. 2019년 이후 소비자를 대상으로 50,000개 이상의 배터리가 성공적으로 재정비(refurbishing)되었으며, 이와 더불어 전 세계 비즈니스 파트너를 위해 수만 개 이상의 배터리가 추가로 수리되었다.

Heskon은 EU가 추진하고 있는 ‘수리할 권리(Right to Repair)’ 입법안에서 제시된 비전에 공감하고 이를 공유하고 있다. 새로운 제품 판매보다 수리와 재제조(remanufacturing)에 중점을 둬서 귀중한 원자재를 보존하는 것을 목표로 하고 있다. 또한 Heskon은 배터리 수명주기 전반에 걸쳐 환경 영향을 줄이기 위해 노력하고 있으며, 유럽의 기업과 소비자가 리튬 배터리를 보다 지속가능하게 사용할 수 있도록 지원하고 있다.

조직 프로필



Hecht Technology
Joost van Velzen
Energieweg 1

3133 EB Vlaardingen
+31 (0) 6 113 210 95
info@hecht-technology.nl
www.hecht-technology.nl



조직 프로필



Hecht Technology는 벌크 소재 취급(bulk material handling) 및 밀폐(containment) 솔루션 분야의 전문 기업으로, 배터리 산업에서도 강력한 입지를 확보하고 있다. 이 회사는 분말 및 벌크 소재의 안전하고 효율적인 취급을 위한 혁신적인 장비와 턴키(turnkey) 솔루션을 제공하며, 여기에는 빅백(big bag)의 개봉 및 충전, 그리고 생산 라인으로의 정밀 투입(dosing) 공정이 포함된다. 분말 취급 공정에 대한 전문성을 바탕으로 Hecht Technology는 유럽 및 전 세계의 주요 자동차 및 배터리 제조업체들에게 신뢰받는 파트너로 자리매김하고 있다.

당사의 솔루션은 안전성, 품질, 효율성 측면에서 최고 수준의 기준을 충족하도록 설계되어 있으며, 고객의 생산 공정에 원활하게 통합될 수 있도록 지원한다.

Hecht Technology는 배터리 및 자동차 산업의 주요 기업들을 대상으로 프로젝트를 성공적으로 수행해 왔으며, 엄격한 규정 준수와 최소한의 제품 손실을 유지하면서 생산 규모 확대를 지원하고 있다.

또한 수십 년에 걸친 엔지니어링 경험과 현장 기반의 전문성을 바탕으로 고밀폐(high-containment) 환경에서 발생하는 복잡한 과제를 해결하고 있다. 맞춤형 시스템을 통해 처리량을 최적화하고 설비 가동 중단 시간을 줄이며 공정 안전성을 향상시키는 솔루션을 제공한다. Hecht Technology는 분말 처리 분야의 전문 기업으로서, 취급이 어려운 분말 공정의 문제를 신뢰성 있고 효율적이며 지속가능한 솔루션으로 전환하여 현대 배터리 산업을 지원하고 있다.

조직 프로필



High Tech NL
Milou Arts
High Tech Campus 27
5656 AE Eindhoven

+31 (0) 88 555 43 33
milou.arts@hightechnl.nl
www.hightechnl.nl/en/



High Tech NL은 네덜란드 하이테크 산업에서 혁신과 협력을 촉진하는 핵심 기관이다. 국가 산업 협회로서 기업, 스타트업, 연구기관, 공공 파트너를 하나로 연결하여 네덜란드의 경쟁력을 강화하고 지속가능한 미래에 기여하는 딥테크(deep-tech) 솔루션의 개발과 확산을 가속화하고 있다.

High Tech NL은 반도체, 로봇틱스, 생명과학, 에너지의 네 가지 전략 분야에 중점을 두고 있으며, 이들 분야는 모두 주요 사회 전환과 밀접하게 연관되어 있다. 에너지 분야에서 High Tech NL은 배터리 혁신을 포함한 새로운 에너지 기술 개발을 지원하는데 중요한 역할을 수행하고 있다. 회원사들 과 함께 첨단(및 순환형) 소재와 제조 기술에서부터 시스템 통합, 시험, 수명 최적화, 사용 종료 단계(EoL) 이후 재사용 전략에 이르기까지 배터리 가치사슬 전반에 걸쳐 협력하고 있다.

생태계 협력 촉진, 공동 로드맵 수립, 국제 파트너십 구축, 산업 규모 확장을 지원함으로써 High Tech NL은 연구 성과와 기술 혁신을 실제 적용 가능한 솔루션과 비즈니스 성장으로 연결하는 데 기여하고 있다. High Tech NL의 미션은 에너지 전환을 지원하고 유럽의 전략적 회복탄력성을 강화하는 하이테크 솔루션 분야에서 네덜란드를 글로벌 선도 국가로 만드는 것이다.

조직 프로필



- 물질 공급/가공
- 배터리 셀 구성요소 제조
- 활물질/기능성 배터리 셀 구성요소
- 모듈 및 팩 제조
- 시스템 통합
- 화학 조성/셀 유형
- 수거 및 물류
- R&D
- 수리
- 배터리 시험 시설
- 재활용 - 재사용 -분해
- 생태계 & 혁신 지원

INNER

Efrat Avnet Steinberg
High Tech Campus 27
5656 AE Eindhoven

+31 (0) 6 417 880 70
hello@innertech.ai
www.innertech.ai

INNER는 전기차(EV) 배터리 진단 분야에서의 품질 격차를 해소하기 위해, 자동차 제조업체에 밀봉된 배터리 팩 내부의 물리적 결함에 대한 종합적인 정보를 제공한다. INNER가 개발한 독자적인 비침습(non-invasive) X-ray/CT(Computed Tomography) 스캐너는 완성된 전기차 배터리 팩을 대상으로 인라인(in-line) 방식의 종합 분석을 수행하도록 설계되었으며, 신속하고 이해하기 쉬운 실행 가능한 보고서를 제공하는 엔드투엔드(end-to-end) 솔루션이다.

이 모든 과정은 독자적인 패턴 인식 기술과 머신러닝(ML) 소프트웨어를 활용하여 수행된다. INNER는 전기차 배터리 팩의 구조 건전성(State of Integrity, Sol)을 최대 50마이크론 수준의 정밀도로 평가할 수 있으며, 이는 단선된 전선, 불량 용접, 누설, 셀 팽창 등 셀 내부 및 셀 간 구조에서 발생하는 물리적 결함을 의미한다. 이러한 혁신적 기술을 통해 미세한 물리적 결함을 높은 정확도로 신속하게 탐지하고 분석할 수 있다.

INNER

조직 프로필



LeydenJar

Tim Aanhane
Emmy Noetherweg 2D
2333 BK Leiden

info@leyden-jar.com
www.leyden-jar.com

사회는 더 긴 주행거리와 더 짧은 충전 시간을 갖춘 전기차를 필요로 하고 있다. 사람들은 배터리 수명을 희생하지 않으면서도 더 많은 기능을 제공하는 스마트폰을 원한다. 또한 기후변화 대응은 전기 항공기와 같은 새로운 운송수단의 전동화를 실현할 수 있는 인류의 역량에 크게 의존하고 있다. 그러나 현재 우리의 일상과 업무, 여가를 지탱하고 있는 기존 리튬이온 배터리는 이러한 미래의 요구를 충분히 뒷받침할 준비가 되어 있지 않다.

LeydenJar는 이러한 과제를 해결할 핵심 기술을 보유하고 있으며, 에너지로 가득한 미래를 위한 해법을 제시하고 있다. LeydenJar의 강점은 1,350 Wh/L의 에너지 밀도로, 이는 현재 최신 스마트폰이나 전기차에 사용되는 배터리 대비 약 50% 높은 수준이다. 이러한 성능의 비결은 LeydenJar의 초박형 고순도 실리콘 배터리 음극(silicon anodes)에 있으며, 이는 회사의 특허 공정을 통해 생산된다. 이 초박형 음극 기술은 배터리에서 기록적인 에너지 밀도를 제공할 뿐만 아니라, CO₂ 배출량 감소, 상당한 비용 절감, 그리고 10분 이내 완전 충전을 가능하게 한다.

2016년 설립 이후 LeydenJar는 총 1억 유로(€100M) 규모의 벤처 투자를 유치했으며, 현재 세계 각지에서 모인 70명의 과학자, 엔지니어, 혁신가들이 함께하고 있다.

조직 프로필



물질 공급/가공

배터리 셀 구성요소 제조

활물질/기능성 배터리 셀 구성요소

시스템 통합

수거 및 물류

수리

재활용 - 재사용 -분해

장비 공급업체

배터리 셀 제조

모듈 및 팩 제조

화학 조성/셀 유형

R&D

배터리 시험 시설

생태계 & 혁신 지원

LionVolt

Sandeep Unnikrishnan
HTC 27
5656 AE Eindhoven

info@lionvolt.com
www.lionvolt.com

LIONVOLT

조직 프로필



Maxwell and Spark B.v.

Malcolm Saunders
Schuttevaerweg 21
3044 BA Rotterdam

connect@maxwellandspark.com
www.maxwellandspark.com

maxwell+spark

조직 프로필



LionVolt는 네덜란드와 영국에 기반을 둔 배터리 기술 분야의 선도 기업이다. 이 회사는 3차원 구조의 (리튬) 금속 음극(3D structured lithium-metal anode) 기술로 잘 알려져 있으며, 이를 통해 차세대 배터리 셀 구현을 가능하게 하고 있다. LionVolt의 첫 번째 제품은 드롭인(drop-in) 방식의 3D 리튬 금속 음극으로, 리튬이온 배터리 셀의 에너지 밀도를 50% 이상 향상시키는 동시에 매우 빠른 충전 속도를 지원한다. 나아가 LionVolt의 3D 음극 기술은 장시간 에너지 저장이 가능한 전고체 배터리와 고성능 소듐이온 배터리 구현을 가능하게 할 것으로 기대된다.

LionVolt의 기술은 경량 3D 구조와 박막(thin-film) 기술을 결합한 특허 기반 3D 음극 아키텍처에 기반하고 있다. 이 구조는 확장성이 높은 롤투롤(roll-to-roll) 제조 공정을 활용하여 생산 비용 절감이 가능하도록 설계되었다. 현재 LionVolt는 예인트호벤에 MWh 규모의 3D 음극 생산을 위한 파일럿 생산 시설을 구축하고 있으며, 영국에 위치한 MWh 규모의 최첨단 배터리 셀 제조 시설과 함께 운영될 예정이다. 이를 통해 증가하고 있는 고객 수요에 대응하여 제품을 공급할 수 있는 기반을 마련하고 있다.

Maxwell+spark는 안전성, 순환성, 그리고 긴 서비스 수명을 고려하여 설계된 리튬인산철(LFP) 배터리 시스템을 설계·제조하는 기업이다. 모듈형 및 서비스 가능 구조를 기반으로 설계된 이 회사의 배터리는 분해, 수리, 재사용이 용이하도록 개발되어 있으며, 물류 장비, 냉장 운송, 정지형 전력 시스템 등 다양한 산업 분야에서 여러 번의 사용 수명(lifecycle)을 가능하게 한다.

각 배터리 팩에는 고급 배터리 관리 시스템(BMS)과 데이터 연결 기능이 통합되어 있어 일관된 성능 유지, 실시간 모니터링, 그리고 수천 대의 운영 장비에서 높은 수준의 안전성을 확보할 수 있다. 또한 회사의 순환 설계(circular design) 접근 방식은 제품 수명을 연장하고 폐기물을 줄이며, 책임 있는 재활용 및 재사용을 위한 준비성을 확보하도록 한다.

네덜란드에 본사를 두고 있으며 남아프리카공화국, EU, 미국에서 사업을 운영하고 있는 maxwell+spark는 까다로운 운용 환경에서도 검증된 현장 기반(field-tested) LFP 배터리 기술을 제공하고 있다. 이 회사의 미션은 책임성과 데이터 기반 접근을 바탕으로 한 배터리 혁신을 통해 보다 청정하고 조용하며 안전한 산업 환경을 구현하는 데 있다.

Nobleo Technology
B. Caljouw
Heggeranklaan 1
5643 BP Eindhoven

+31 (0) 40 820 01 80
info@nobleo.nl
www.nobleo-technology.nl



Nobleo Embedded & Electronics는 아이디어의 개념 검증(proof of concept) 단계부터 양산 준비가 완료된 제품에 이르기까지 전자 시스템 개발을 전문으로 하는 기업이다. 하드웨어와 임베디드 소프트웨어에 대한 깊이 있는 이해를 바탕으로 기능적 요구사항을 충족하면서도 보안, 안전, 품질, 환경 규제 등 최고 수준의 기준을 준수하는 시스템을 설계·개발하고 있다. Nobleo는 개발 속도를 높이면서도 유연성과 확장성을 유지할 수 있는 혁신적인 BMS(배터리 관리 시스템) 플랫폼을 제공한다. 이 플랫폼은 견고한 기반을 제공하여 기업이 자사의 요구에 맞는 도메인 특화 기능을 통합할 수 있도록 지원한다. 또한 기능의 맞춤화 또는 추가 기능 구현을 보다 낮은 비용과 짧은 개발 기간으로 수행할 수 있다.

조직 프로필



Novocycle Technologies B.V.
Fatih Bosna
Urmonderbaan 22
6167 RD Geleen
(Brightlands Chemelot Campus)

+417 (0) 6 208 16 76
info@novocycle.com
www.novocycle.com



Novocycle Technologies는 화학약품을 사용하지 않는 모듈형 분산 공정을 통해 리튬이온 배터리 재활용 기술을 발전시키고 있는 클린테크 기업이다. 네덜란드와 튀르키예에서 운영되고 있으며, Novocycle의 건식 직접 재활용(dry-direct recycling) 방식은 파쇄, 용매, 산(acid)을 사용하지 않고도 배터리 분해 및 고순도 소재 회수를 가능하게 한다.

Novocycle은 공정 자동화를 위해 셀 수준에서부터 시작하는 하향식(bottom-up) 개발 전략을 적용하고 있으며, 현재 각형(prismatic) 셀에 대해 고도 자동화 솔루션을 개발·적용하고 있다. 또한 원통형(cylindrical) 및 파우치형(pouch) 셀을 대상으로 한 기술 개발도 지속적으로 진행하고 있다. 이와 함께 모듈 및 팩 분해를 위한 안전하고 효율적인 반자동(semi-automated) 솔루션도 개발하고 있다. Novocycle의 기술은 높은 유연성을 갖도록 설계되어 있어 양극(cathode) 및 음극(anode) 화학 조성에 관계없이 다양한 배터리 유형에 적용할 수 있다.

조직 프로필



안정적인 전자 플랫폼과 모듈형 아키텍처를 기반으로 기업은 BMS를 처음부터 개발하는 복잡한 과정 없이 자사의 기술 로드맵에 집중할 수 있다. 기본 기능을 넘어 Nobleo의 BMS는 SIL(1500V) 및 ASIL(800V) 등 엄격한 안전 규정을 준수하도록 설계되어 있다. 이 시스템은 NXP 칩 제품군을 기반으로 하며, 다양한 전압 범위를 지원하고 배터리 안전성을 확보하는 동시에 높은 수준의 구성 유연성을 제공한다. 또한 SoX 알고리즘을 통해 배터리 팩 성능을 향상시키고 수명 연장에 기여할 수 있다. 이 플랫폼은 자동차 분야의 전동화 및 에너지 저장 시스템(BESS) 적용에 적합하다.

이 회사는 에코디자인 및 규제 대응을 지원하기 위해 사용 종료 단계(EoL) 및 재활용 가능성 시험을 수행하고 있으며, 동시에 정지형 에너지 저장 및 전기 모빌리티 분야를 위한 Safe and Sustainable by Design(SSbD) 배터리를 개발하고 있다. 이러한 배터리는 2차 활용(second-life)과 완전한 재활용 가능성을 고려하여 설계되었다. 또한 후단 공정(downstream)에서는 생산 공정에서 발생하는 스크랩에 대한 직접 재활용(direct recycling)을 선도하고 있으며, 최소한의 공정으로 배터리급 소재를 회수하고 정제(refining) 파트너와의 협력을 통해 다수의 폐쇄형 순환(closed-loop) 사이클 구축을 추진하고 있다. 최대 96%의 총 회수율과 배터리 소재 기준 99.5% 이상의 순도를 달성할 수 있으며, Recycling-as-a-Service(RaaS) 및 Technology-as-a-Service(TaaS) 모델을 통해 유럽 및 그 외 지역에서 지속가능한 순환형 배터리 경제 발전을 지원하고 있다.

NOWOS BV
M.H. Doornekamp
Basicweg 20
3821 BR Amersfoort

+31 (0) 85 130 75 42
contact@nowos.com
www.nowos.com



조직 프로필



Powall BV
Sanjana Chandrashekar
Molengraaffsingel 8
2629 JD Delft

+31 (0) 15 203 60 10
s.chandrashekar@powall.com
www.powall.com



조직 프로필



NOWOS는 리튬이온 배터리의 수리 및 유지보수를 전문으로 하는 기업으로, 순환경제 구축과 소재 폐기물 감소를 목표로 하고 있다. 사회적 기업으로서 NOWOS의 핵심 미션은 전기차, 전기 자전거, 전동 공구, 산업용 배터리 및 에너지 저장 시스템에 사용되는 배터리의 수명을 연장하는 것이다.

배터리 진단, 수리, 재사용을 위한 준비 과정을 통해 NOWOS는 배터리 수명을 연장하고 새로운 원자재 수요를 크게 줄이며, 파트너 기업의 총소유비용(TCO)을 낮추는 데 기여하고 있다. 2024년 한 해 동안에만 이 회사는 90,000개 이상의 배터리를 성공적으로 수리하였다.

Powall은 혁신적인 나노코팅 기술을 통해 에너지 응용 분야의 발전을 이끌고 있는 지속가능 기술 기업이다. TU Delft에서 설립되어 네덜란드 델프트(Delft)에 본사를 두고 있으며, 현재 12개국의 고객에게 소재의 성능 잠재력을 극대화하는 코팅 솔루션을 제공하고 있다.

리튬이온 배터리 소재 분야에 특화된 Powall은 주요 활물질 공급업체, 배터리 제조업체, OEM 기업들과 협력하여 성능과 효율의 한계를 확장하고 있다. 또한 Powall의 혁신적인 기상(gas-phase) 공정은 비교적 낮은 압력과 온도 조건에서 분말 소재에 대한 연속적이고 확장 가능한 나노코팅을 가능하게 한다. Powall은 파일럿 라인부터 산업용 기가 규모(giga scale) 생산 설비에 이르기까지 각 생산 단계에 맞는 나노코팅 장비를 제공하며, 기존 코팅 기술 대비 낮은 비용으로 운영이 가능하다.

네덜란드, 프랑스, 영국에 시설을 운영하고 있는 NOWOS는 제조업체들과 직접 협력하여 배터리의 수리 가능성과 내구성을 향상시키는 방향으로 배터리 설계 개선을 지원하고 있다. 또한 로보틱스와 의료기기 등 새로운 산업 분야로 서비스 영역을 확대하고 있으며, 배터리 수명 연장과 폐기물 예방 분야에서 유럽의 주요 기업으로 자리매김하고 있다.

첨단 원자층 증착(Atomic Layer Deposition, ALD) 기술을 활용하여 Powall의 플랫폼 기술은 배터리 활물질의 성능을 향상시키며, 충·방전 사이클 수명 연장, 용량 증가, 내부 저항 감소를 가능하게 한다. 이 기술은 NMC, LMNO, LFP와 같은 양극 소재뿐만 아니라 탄소 및 실리콘 음극에도 적용 가능하며, Powall의 코팅 기술은 각 응용 분야에 맞춘 나노 수준의 정밀 맞춤화를 제공한다.

또한 Powall의 시스템은 드롭인(drop-in) 솔루션으로 기존 생산 라인에 원활하게 통합될 수 있어 성능을 향상시키는 동시에 비용과 환경 영향을 줄일 수 있다. 배터리 분야를 넘어 Powall의 반응기 기술은 그린 수소 및 연료전지 응용 분야에서도 귀금속 사용량을 줄이고 성능을 향상시키는 데 기여하고 있다.

Powall – Empowering the energy transition through precision nanocoating innovation



물질 공급/가공



배터리 셀 구성요소 제조



활물질/기능성 배터리 셀 구성요소



시스템 통합



수거 및 물류



수리



재활용 · 재사용 · 분해



장비 공급업체



배터리 셀 제조



모듈 및 팩 제조



화학 조성/셀 유형



R&D



배터리 시험 시설



생태계 & 혁신 지원

Prime Power –
JOEP Batterijen – Stroomzaken
Peter van den Heerik
Industriestraat 21
2671 CT Naaldwijk

+31 (0) 6 515 091 93
info@stroomzaken.nl
www.joepbatterijen.nl

PRIMEPOWER



조직 프로필



Prime Power BV – Stroomzaken는 배터리 에너지 저장 시스템(BESS), 하이브리드 에너지 솔루션, 발전기 기반 전력 시스템 등 지속가능한 에너지 시스템 분야에서 활동하는 네덜란드 기업이다. 1984년으로 거슬러 올라가는 기술적 기반을 바탕으로, 이 회사는 에너지 공급, 엔지니어링, 국제 협력 분야에서 40년 이상의 경험을 축적해 왔다.

지난 수십 년 동안 Prime Power BV는 유럽, 아시아, 영국의 제조업체 및 공급업체들과 긴밀한 협력 관계를 구축해 왔다. 나알드바이크(Naaldwijk)에 위치한 본사를 중심으로 시스템 설계, 기술 개발, 프로젝트 관리, 그리고 주거용 및 중소기업(SME)용 에너지 시스템 통합을 수행하고 있다.

또한 저압(LV) 및 고압(HV) 시스템을 포함하여 최대 80A 3상 가정용 배터리 저장 시스템부터 최대 1000A-2MW 이상의 20ft-40ft 컨테이너형 BESS 솔루션까지 다양한 규모의 시스템을 제공한다. 이러한 활동은 네덜란드에 기반한 엔지니어링 및 조정 체계를 중심으로 직접 수행되거나 인증된 파트너를 통해 진행된다.

네덜란드 Valkenswaard(NL-Brainport 지역)에 위치한 이 회사는 24명의 상근 인력(FTE)을 두고 있으며, 원스톱(one-stop shop) 파트너로 설명할 수 있다. 엔지니어링을 비롯해 자체 생산 부서를 운영하고 있으며, 여기에는 모형 제작(model making), 판금 작업장(용접 설비, 벤딩, 딥드로잉 프레스 등), CNC 밀링 장비, 조립 및 측정 부서가 포함된다.

특히 금속 및 플라스틱 소재를 활용한 시제품과 소·중규모 시리즈 부품의 개발 및 생산에 강점을 가지고 있다

Proven Concepts는 아이디어를 실질적인 솔루션으로 구현하는 것을 핵심 가치로 삼고 있다.

최종 결과물이 CAD 모델이든, 금속 또는 플라스틱 제품이든, 시각적·인체공학적 모델이든, 혹은 소규모 생산 관리이든, 이 회사의 서비스 포트폴리오는 매우 폭넓다. 또한 가장 복잡한 아이디어라도 시험 가능한 제품으로 구현할 수 있도록 개발을 지원하고 있다

Prime Power BV는 Stroomzaken 및 JOEP Batterijen이라는 상표로 운영되며, Power Link Energy를 비롯한 장기 협력 파트너와 여러 인증된 OEM 공급업체들과 긴밀히 협력하고 있다. 또한 Prime Power BV는 LiFePO₄(리튬인산철) 기술 관련 지속적인 개발에 참여하고 있으며, 파트너 생산공정과의 긴밀한 협력과 신속한 의사소통을 통해 유럽 내 기술 적용과 혁신을 지원하고 있다. 이 회사는 성장하고 있는 유럽 배터리 가치사슬 내에서 기술 자문 및 협력 파트너로서 역할을 수행하고 있다.

이 회사는 배터리 산업에서도 충분한 부가 가치를 제공할 수 있다.

당사의 팀은 초기 개념 구상 단계부터 CAD 설계, 시제품 제작용 금형 생산, 최종 제품 납품 및 소규모 시리즈 생산(측정 보고서 포함)에 이르기까지 전 과정에 걸친 개발 패키지를 제공할 수 있다.

또한 프로젝트의 시작부터 완료까지 전 과정을 지원한다.

상대적으로 규모가 작은 조직 구조(신속한 의사소통 체계)와 모든 기능을 내부에서 수행하는 원스톱(one-stop-shop) 운영 방식은 높은 유연성, 짧은 납기, 품질 향상, 그리고 고객의 총소유비용(TCO: Total Cost of Ownership) 절감으로 이어진다.

또한 ISO9001과 같은 국제 표준을 준수하는 관리 시스템을 운영하고 있다.

Qurmit
Jan-Willem Linsen
De Witbogt 2
5652 AG Eindhoven

+31 (0) 40 235 17 02
info@qurmit.com
www.qurmit.com



조직 프로필



SALD B.V.
Jons Bolding
Hastelweg 257
5652 CV Eindhoven

+31 (0) 40 238 05 00
info@spatialald.com
www.spatialald.com



조직 프로필



Qurmit은 혁신적이고 안전하며 지속가능한 에너지 저장 시스템을 개발·제조하는 네덜란드 기업이다. 가정용 배터리와 산업용 솔루션을 통해 가정부터 기업에 이르기까지 다양한 사용자에게 신뢰할 수 있는 에너지 저장을 제공하는 것을 목표로 하고 있다.

Qurmit은 전 세계 오프그리드 태양광 에너지 시스템 분야에서 20년 이상의 경험을 보유한 TSS4U에서 출발하였다. 축적된 기술적 전문성과 현장 경험을 바탕으로, 지속가능성, 안전성, 성능 측면에서 우수한 배터리 시스템을 개발해 왔다.

Qurmit의 배터리는 첨단 젤 납축전지(gel lead) 기술을 기반으로 하며, 유럽산 부품을 사용하여 네덜란드에서 생산된다. 주요 특징은 다음과 같다.

- 지속가능성(Sustainable): 최대 95%까지 재활용이 가능하며, 50% 이상 재활용 소재로 제조된다.
- 장수명(Long-lasting): 최대 20년의 수명과 약 9,000회의 충·방전 사이클을 제공한다.
- 내구성(Robust): -40°C에서 +55°C에 이르는 극한 온도 환경에서도 안정적으로 작동한다.
- 혁신성(Innovative): Qurmit Booster에 적용된 자체 개발 충전 프로토콜을 통해 배터리 수명과 효율을 극대화하도록 충전 과정이 최적화된다.
- 확장성(Scalable): 17-42 kWh 규모의 가정용 시스템부터 최대 800 kWh 저장 용량을 제공하는 Qurmit XL과 같은 대규모 산업용 솔루션까지 확장 가능하다.
- Qurmit은 검증된 기술의 강점을 바탕으로 에너지 전환을 보다 순환적이고 미래지향적인 방향으로 발전시키는 것을 목표로 하고 있다.

SALD B.V. - 원자 수준의 정밀 기술을 통한 순환형 배터리 혁신 선도

SALD B.V.는 네덜란드 에인트호벤에 기반을 둔 하이테크 기업으로, 공간형 원자층 증착(Spatial Atomic Layer Deposition, SALD) 기술을 선도적으로 개발하고 있다. 이 기술은 원자 수준에서 소재 계면(material interfaces)을 정밀하게 제어할 수 있는 확장 가능한 박막 코팅 기술이다. 기존의 ALD 공정과 달리 SALD 공정은 롤투롤(roll-to-roll) 방식의 고처리량 연속 코팅이 가능하며, 복잡한 3차원 표면에도 적용할 수 있어 산업용 배터리 제조에 적합하다.

배터리 응용 분야에서 SALD 코팅은 충·방전 사이클 수명, 열 안정성, 그리고 C-rate 성능을 향상시키는 동시에 소재 열화를 감소시킨다. 셀의 수명을 연장하고 지속가능한 소재 사용을 가능하게 함으로써 SALD 기술은 순환형 배터리 경제를 직접적으로 지원하며 EU의 지속가능성 목표와도 부합한다.

SALD B.V.는 주요 OEM 기업, TNO와 같은 연구기관, 그리고 소재 개발 기업들과 협력하여 자사의 기술을 차세대 리튬이온 및 소듐이온 배터리에 적용하고 있다. 원자 수준의 공학적 설계를 통해 SALD는 에너지 저장 시스템을 보다 내구성이 높고 효율적이며 지속가능한 기술로 발전시키고 있으며, 이를 통해 보다 깨끗한 전기화 사회로의 전환을 지원하고 있다.

SparkNano B.V.
Alexander Bouman
Esp 266
5633 AC Eindhoven

+31 (0) 6 14 85 29 21
info@spark-nano.com
www.spark-nano.com



SparkNano는 공간형 ALD 장비 분야에서 최초이자 선도적인 OEM 기업이다. 자사가 특허를 보유한 대기압 공간형 원자층 증착(Atmospheric Spatial Atomic Layer Deposition) 기술은 산업용 제조 공정에서 탁월한 코팅 정밀도, 공정 제어, 그리고 높은 처리 속도를 제공한다. SparkNano는 연구개발(R&D) 및 파일럿 생산을 위한 SparkNano LabLine™과 세계 최초의 고속 롤투롤(Roll-to-Roll) 공간형 ALD 시스템인 SparkNano Omega™를 포함한 lab-to-fab 제품 포트폴리오를 갖추고 있다. 또한 전문 인력과 파트너 네트워크를 통해 고객이 연구실 단계의 혁신을 대량 생산 단계로 전환할 수 있도록 지원하고 있다.

조직 프로필



Staad B.V.
Thijmen Ros
Doornhoek 3945
5465 TC Veghel

+31 (0) 413 725 111
t.ros@staad.com
www.staad.com



Staad는 혁신적인 토공 장비와 이동형 에너지 솔루션을 개발하는 네덜란드의 선도 기업으로, 지속가능성을 핵심 가치로 삼고 있다.

풍부한 역사와 신뢰성, 고객 중심의 기업 평판을 바탕으로 Staad는 차세대 전기식 토공 장비와 이동형 배터리 솔루션을 출시하며 유럽 시장에서의 입지를 더욱 강화하고 있다. Staad는 무공해(zero-emission) 미래에 대한 비전을 공유하며, 열정과 자부심, 현신을 바탕으로 고품질 토공 장비를 개발하고 있다. 우리의 목표는 무엇인가? 최고 수준의 기준과 사용자 요구를 충족할 뿐만 아니라 최적의 성능을 제공하는 장비를 만드는 것이다.

조직 프로필



배터리 시장에서 SparkNano의 장비는 인공 SEI(고체 전해질 계면층) 또는 패시베이션(passivation) 층 형성을 위한 박막 증착 공정에 활용되며, 이를 통해 리튬이온 배터리의 충·방전 사이클 성능과 수명을 향상시키는 동시에 산업 규모의 고성능 제조를 지원한다. SparkNano는 이러한 기술을 통해 차세대 제품 제조를 발전시키고 에너지 전환을 촉진하는 데 기여하고 있다.

우리의 목표는 최고 수준의 기준과 사용자 요구를 충족하는 것은 물론, 최적의 성능을 제공하는 장비를 개발하는 것이다.

TechMatter
Mahmoud Ameen
High Tech Campus 5
5656 AE Eindhoven

+31 (0) 6 499 050 27
ameen@tech-matter.com
www.tech-matter.com



조직 프로필



Tulip Tech
Alexander Nijst
Ruiterskampweg 2D
5222 BB 's-Hertogenbosch

+31 (0) 73 750 23 30
Sales@tulip.tech
www.tulip.tech



조직 프로필



TechMatter는 첨단 소재 솔루션 개발을 전문으로 하는 네덜란드의 소재 및 기술 개발 컨설팅 기업으로, 하이테크 및 클린테크 산업을 대상으로 서비스를 제공하고 있다. 다학제적 전문가 팀을 기반으로 기술, 산업, 학문 분야의 깊이 있는 전문성을 결합하여 지속가능하고 순환적인 제조로의 전환을 가속화하고 있다.

TechMatter의 전문가들은 네덜란드에서 추진된 주요 국가 클린테크 이니셔티브 대부분에 적극적으로 참여해 왔으며, 에너지 저장, 순환형 배터리, 첨단 제조 분야에서 차세대 소재, 공정, 기술 개발을 위한 파트너 지원을 수행하고 있다. 또한 TechMatter는 소재과학, 엔지니어링 혁신, 공정 최적화를 결합하여 연구와 산업 간의 격차를 해소하는 역할을 수행하고 있다.

Tulip Tech는 네덜란드에 기반을 둔 제조 기업으로, UAV(무인항공기) 및 항공우주 시스템을 위한 에너지 기술을 새롭게 정의하고 있다. 이 회사는 500 Wh/kg를 초과하는 초고에너지 밀도 배터리를 개발하고 있으며, 까다로운 비행 환경에서도 최대의 비행 지속시간, 안전성, 신뢰성을 확보하도록 설계되어 있다.

또한 Tulip Tech의 산업 규모 생산 플랫폼은 신속한 생산 확대를 가능하게 하도록 설계되어 있어 정밀도와 품질을 유지하면서도 안정적인 대량 생산을 지원한다. Tulip의 배터리는 물류, 농업, 시설 점검, 첨단 항공 모빌리티 등 다양한 분야의 국방 및 상업용 드론 플랫폼에 활용되고 있다.

TechMatter는 연구개발(R&D) 컨설팅, 시제품 개발, 그리고 전략적 기술 및 사업 개발 지원을 제공하며, 이를 통해 기업과 기관이 혁신 역량을 강화하고 소재 효율성, 재활용 가능성, 성능을 향상할 수 있도록 지원하고 있다. TechMatter의 미션은 하이테크 가치사슬 전반에서 소재의 활용을 보다 지능적이고 친환경적이며 순환적으로 전환하는 데 기여하는 것이다.

유럽의 엔지니어링 전문성을 기반으로, Tulip Tech는 혁신, 지속가능성, 체계적인 제조 역량을 결합하여 전기 항공(electric flight)으로의 전환을 가속화하고 있다. 또한 주요 UAV 제조업체 및 정부 파트너와 협력하여 비행 시간을 연장하고 항공 성능의 새로운 가능성을 제시하는 차세대 에너지 시스템을 개발·제공하고 있다.



물질 공급/가공



장비 공급업체



배터리 셀 구성요소 제조



배터리 셀 제조



활물질/기능성 배터리 셀 구성요소



모듈 및 팩 제조



시스템 통합



화학 조성/셀 유형



수거 및 물류



R&D



수리



배터리 시험 시설



재활용 - 재사용 -분해



생태계 & 혁신 지원

University of Twente
Sebastian Husein
P.O. Box 217
7500 AE Enschede,

+31 (0) 53 489 23 66
sbd@utwente.nl
www.utwente.nl/bct

UNIVERSITY OF TWENTE.

조직 프로필



Van Peperzeel BV
Senna Olff - van Peperzeel
James Wattlaan 6
8218MB Lelystad

+31 (0) 320 401 400
info@peperzeel.nl
www.peperzeel.nl



조직 프로필



물질 공급/가공

장비 공급업체

배터리 셀 구성요소 제조

배터리 셀 제조

활물질/기능성 배터리 셀 구성요소

모듈 및 팩 제조

시스템 통합

화학 조성/셀 유형

수거 및 물류

R&D

수리

배터리 시험 시설

재활용 - 재사용 -분해

생태계 & 혁신 지원

트벤테대학교(University of Twente)의 Battery Centre Twente에서는 새로운 소재 개발부터 산업 규모의 제조에 이르기까지 폭넓은 연구개발(R&D)을 수행하고 있으며, 모든 연구는 안전성, 내구성, 성능, 수명주기 영향과 같은 실질적인 기술적 과제를 해결하는 데 초점을 두고 있다. 또한 연구 성과를 실제 산업 현장에서 활용 가능한 지속가능한 솔루션으로 전환하기 위해 산업계와 긴밀히 협력하고 있다. 이러한 활동은 다음 네 가지 미션을 중심으로 추진된다. 1) 차세대 소재 및 셀, 2) 첨단 제조, 3)에너지 효율적 배터리 팩 및 시스템, 4) 스마트 응용 및 시스템 설계

Battery Centre Twente는 Nationaal Groeifonds 프로그램(NXTGEN High Tech, Material Independence & Circular Batteries, BatteryNL), Horizon Europe, 그리고 기타 대형 이니셔티브를 통해 국내외 연구개발(R&D) 및 교육 프로그램을 주도하고 있다.

Van Peperzeel은 네덜란드와 벨기에에서 폐배터리를 수거하는 업체이다. 연간 수천 톤 규모의 납축전지(lead-acid batteries)를 수거하고 있으며, 주로 자동차 산업 분야에서 전국적으로 활동하는 도매업체 등을 대상으로 서비스를 제공하고 있다. 수거된 배터리는 재활용을 위해 전처리된 후 유럽 내 인증된 재활용 업체로 인도된다.

또한 Van Peperzeel은 다양한 비철금속의 매입 및 판매 사업도 수행하고 있다. 매년 약 5천 톤 규모의 비철금속 및 비철 잔재물(예: 폐번호판, 휠 림, 자동차 축매, 그리고 슬래그 및 절삭칩(turnings)과 같은 다양한 산업 폐기물)이 이 회사의 계량 시설을 통해 처리된다.

또한 University of Münster 및 **Fraunhofer Forschungsfertigung Batteriezelle(FFB)**와의 국경 간 협력을 통해 전기화학, 소재, 제조 분야에서 세계 최고 수준의 전문 역량과 연결되어 있다. 이와 함께 MEET, Helmholtz Münster, Fraunhofer Innovation Platform과 같은 연구기관들과 협력하고 있으며, 트벤테대학교(UTwente)가 국제 대학원 프로그램인 BACCARA에 파트너로 참여함으로써 유럽에서 가장 강력한 배터리 혁신 클러스터 중 하나를 구축하고 있다. 이러한 협력은 소재과학, 전기화학, 나노기술, 첨단 제조 분야를 통합하여 기술 혁신을 가속화하고, 차세대 배터리 분야에서 네덜란드-독일 지역을 글로벌 혁신 허브로 강화하는 데 기여하고 있다.

마지막으로 Van Peperzeel은 Stichting OPEN(구 Stichting Batterijen - 네덜란드 배터리 재단)을 위해 네덜란드 전역에서 수거된 가정용 배터리를 처리하는 국가 차원의 분류 센터 역할을 수행하고 있다. 또한 배터리 분류 분야에서 축적된 다년간의 경험과 (리튬) 배터리에 대한 전문 지식을 바탕으로 산업용 리튬 배터리도 대량으로 수거하여 재활용 및 2차 활용(second use)을 위한 처리 작업을 수행하고 있다.

VDL ETS
Glenn Haverkort
Automotive Campus 59
5708 JZ Helmond

+31 (0) 40 205 80 00
info@vdl ets.nl
www.vdl ets.nl/en



조직 프로필



VDL Groep B.V.
Geert van Seggelen Hoevenweg 1
5652 AW Eindhoven

+31 (0) 40 292 50 00
g.van.seggelen@vdl.nl
www.vdlgroep.com/en



조직 프로필



VDL ETS - 유럽의 스마트하고 지속가능한 모빌리티 전환을 선도
VDL ETS는 무공해 운송, 자율 모빌리티, 스마트 도시 인프라로의 전환을 가속화하는 첨단 기술을 개발하고 적용하고 있다.

배터리 시험
VDL ETS는 셀, 모듈, 팩에 대해 전기적, 기계적, 환경적 조건에서 전 범위 시험(full spectrum testing)을 제공한다. 모듈형 시험 설비와 엔지니어링 지원을 통해 OEM 기업이 제품 출시 기간을 단축하고 신뢰성을 향상시킬 수 있도록 지원하며, 이는 유럽의 에너지 전환에 있어 중요한 요소이다.

무공해 운송
수소 구동 트럭부터 배터리 전기 버스, 농업용 기계에 이르기까지 다양한 분야에서 검증된 솔루션을 통해 친환경 모빌리티를 지원하고 있다. 현재 Toyota Motor Europe의 물류 운영에 수소(H₂) 트럭을 공급하여 독일, 네덜란드, 벨기에를 연결하는 일상적인 물류 운송에 활용되고 있다.

VDL Groep은 20개국에서 14,000명 이상의 직원을 두고 있으며, 부품부터 첨단 서브모듈과 완제품에 이르기까지 다양한 산업용 제품을 개발·생산하고 있다. VDL Groep은 각기 고유한 전문 분야를 가진 100개 이상의 운영 회사들이 긴밀하게 협력하는 구조로 이루어져 있다. 2024년 기준 VDL Groep의 연간 총 매출은 43억 유로를 기록하였다.

VDL Groep은 20개국에서 14,000명 이상의 직원을 두고 있으며, 부품부터 첨단 서브모듈과 완제품에 이르기까지 다양한 산업용 제품을 개발·생산하고 있다. VDL Groep은 각기 고유한 전문 분야를 가진 100개 이상의 운영 회사들이 긴밀하게 협력하는 구조로 이루어져 있다.

Scalable Robotizer - 확장 가능한 자율화 솔루션
Robotizer의 모듈형 플랫폼은 차량 운영자가 자율주행 차량을 보다 신속하고 유연하게 도입할 수 있도록 지원한다. 원격 운용(remote operation), OTA(Over-the-Air) 업데이트, 확장 가능한 라이선스 모델을 통해 Robotizer는 실제 운용 환경에 적용할 수 있도록 설계되었다.

차량 모션 관리 시스템 (Vehicle Motion Manager, VMM)
VMM은 자율주행, 원격 운전(teleoperation), 원격 제어(remote control) 간의 제어 전환을 안전하고 원활하게 수행하도록 한다. 이 시스템은 특정 하드웨어에 종속되지 않는(hardware-agnostic) 구조로, 플러그 앤 플레이 방식으로 적용 가능하며, 엔지니어뿐 아니라 실제 운영자를 고려하여 설계되었다.

VDL ETS를 선택해야 하는 이유
VDL ETS는 깊이 있는 엔지니어링 전문성과 협력적이며 고객 중심적인 접근 방식을 결합하고 있다. 당사의 솔루션은 모듈형 구조로 설계되어 확장성과 미래 대응성을 갖추고 있으며, 기후, 모빌리티, 디지털 인프라 분야에서 국가 및 유럽 차원의 목표 달성을 지원하도록 준비되어 있다.

함께 미래를 만들어 갑시다.

전기 버스 사업을 통해 VDL은 배터리 기술 분야에서 풍부한 경험을 보유하고 있으며, 배터리 가치사슬 전반에 걸쳐 활동하는 기업 네트워크를 구축하고 있다. VDL은 외부 고객을 대상으로 설계 엔지니어링과 시제품 제작부터 양산, 첨단 시험 설비 및 서비스, 차량 전체 통합에 이르기까지 원스톱(one-stop-shop) 솔루션을 제공하고 있으며, 배터리 및 관련 구성품의 조립도 수행하고 있다. 또한 최초 파일럿 라인(first-of-a-kind pilot lines) 또는 대량 생산 라인을 위한 첨단 장비 개발도 포함된다. 이와 같은 그룹 차원의 통합적 접근 방식은 시스템 수준의 설계와 제조를 가능하게 하며, 이는 확장 가능한 배터리 생산 및 시험에 있어 핵심적인 요소이다.

Vestel Mobility
Gijs Wermer
Stationsplein 45 A2.191
3013 AK Rotterdam

+31 (0) 10 412 23 66
info@vestelmobility.com
www.vestelmobility.com

VESTEL MOBILITY

기관 프로필



Vestel Mobility는 혁신적인 엔드투엔드(end-to-end) 솔루션을 통해 모빌리티와 에너지의 미래를 재정의하고 있다. Vestel Group의 산업적 역량과 연간 3천만 대 생산 능력을 기반으로, 이 회사는 튀르키예 수출 산업을 선도하며 전 세계 163개국에 제품과 서비스를 제공하고 있다. 2017년 이후 Vestel Mobility는 지역 엔지니어링 전문성, 지속가능한 운영 방식, 글로벌 협력을 결합하여 고품질의 확장 가능한 기술을 제공해 왔다. 주요 모빌리티 브랜드의 OEM 파트너로서 자동차 전자 시스템, 전기차 충전 시스템, 에너지 저장 분야에서 맞춤형 솔루션을 제공하고 있다.

Vestel Mobility는 다양한 전기차 충전기(EVC) 제품군을 보유하고 있으며, 모든 제품을 자체 생산하고 있다. 7kW부터 1.2MW까지의 AC 및 DC 충전 솔루션을 제공하며, 차량 및 에너지 인프라 성능을 최적화하기 위해 맞춤형 하드웨어(HW)와 소프트웨어(SW) 솔루션을 통해 다양한 요구에 대응하고 있다.

Wattwise는 에인트호번 하이테크 캠퍼스(High Tech Campus Eindhoven)에 위치한 혁신적인 네덜란드 중소기업(SME)으로, 첨단 에너지 저장 시스템과 지능형 에너지 관리 솔루션을 전문으로 한다. 이 회사는 스마트 배터리 관리 시스템(Battery Management Systems), AI 기반 진단 기술, 내장형 사이버보안을 갖춘 견고한 에너지 플랫폼과 함께 고품질 배터리 팩을 개발하고 통합한다. 배터리 기술, 임베디드 소프트웨어, 클라우드 및 엣지 통합 분야의 전문성을 결합하여 Wattwise는 시스템 회복탄력성을 강화하고 에너지 비용을 절감하며 전력망 유연성을 지원하는 솔루션을 제공한다.

Wattwise
Roel Blomjous
High Tech Campus 5
5656 AE Eindhoven

+31 (0) 40 282 65 08
info@wattwise.nl
Wattwise.nl



Wattwise

기관 프로필



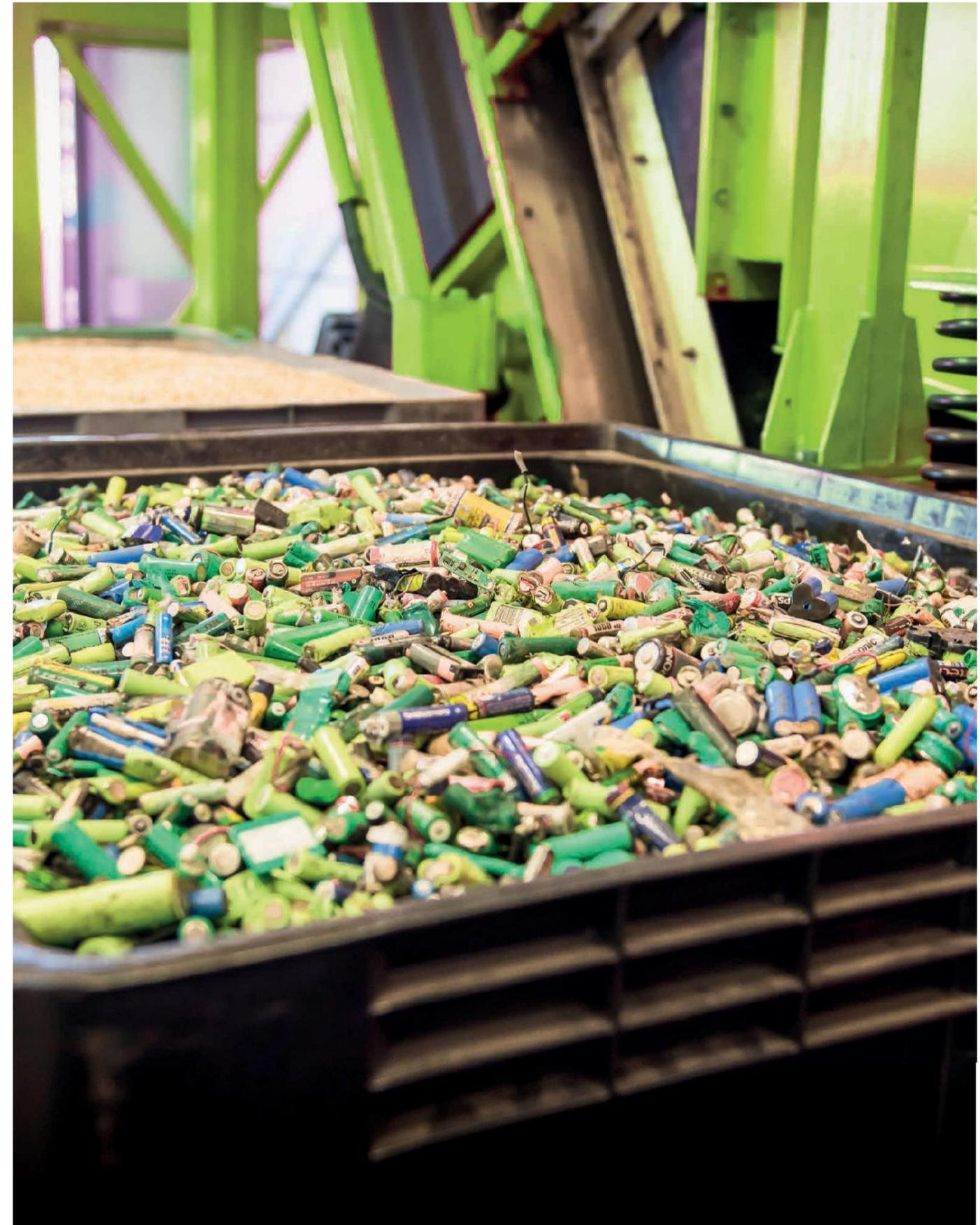
Vestel Mobility의 배터리 저장 솔루션은 모듈형 구조로 설계되어 있다. 가정용 설치를 위한 5kWh 모듈부터 전력 사용 최적화 또는 전력 안정성 확보를 위한 최대 418kWh 규모의 유틸리티급 설치까지 다양한 용량의 솔루션을 제공한다.

디스플레이 솔루션은 Vestel Mobility가 자동차 공급업체로서 제공하는 핵심 제품군이다. 전 공정의 자체 개발 역량, 강력한 공급망 생태계, 그리고 유럽 인접 지역에서의 경쟁력 있는 제조 역량을 바탕으로 극동 지역 솔루션에 대한 효율적인 대안을 제공한다.

Vestel Mobility는 SMT(Surface Mount Technology) 제조 분야에서도 높은 역량을 보유하고 있으며, 전자 제조 서비스(EMS)를 제공한다. 도메인 컨트롤러, ECU, 전력 전자 분야의 기술 역량과 유연한 비즈니스 모델을 기반으로 경쟁력 있는 제조 솔루션을 제공한다.

이 회사의 기술에는 에너지 생산 및 소비 예측 기능이 포함되어 있으며, 이를 통해 배터리와 연결된 장치가 예상되는 수요와 발전량에 기반하여 선제적으로 작동할 수 있도록 한다. 또한 스마트 센싱과 데이터 기반 제어를 통해 배터리 사용을 최적화하고 수명을 연장하며, 순환경제 체계 내에서의 재사용을 지원한다.

Wattwise의 미션은 일상생활을 위한 효율적이고 지능적이며 지속가능한 에너지 솔루션을 구현하는 것이며, 이를 통해 스마트 에너지와 배터리 혁신 분야에서 네덜란드의 선도적 위치를 강화하는 데 기여하고자 한다.



- 물질 공급/가공
- 수동 배터리 셀 구성요소 제조
- 능동/기능성 배터리 셀 구성요소
- 시스템 통합
- 수거 및 물류
- 장비 공급업체
- 배터리 셀 제조
- 모듈 및 팩 제조
- 화학 조성/셀 유형
- R&D
- 수리
- 배터리 시험 시설
- 재활용 - 재사용 -분해
- 생태계 & 혁신 지원

용어집

Battery Energy Storage Systems (BESS) / 배터리 에너지 저장 시스템: 배터리를 활용하는 고정형 에너지 저장 시스템으로, 재생에너지 생산 지원, 자가소비 확대, 피크 절감(peak shaving), 산업 및 주거용 시스템에서의 비상 전력 공급 등 다양한 용도로 사용된다. 자세한 내용은 [13페이지](#) 참조.

Circular Battery / 순환형 배터리: 최소한의 소재와 에너지 투입으로 설계되면서도 최대한의 수명, 수리 가능성, 재활용 가능성을 갖도록 설계된 배터리. 순환형 배터리의 주요 특성은 [18페이지](#) 참조.

Climate-Neutral Economy / 기후중립 경제: 온실가스(GHG) 순배출량이 '0'인 경제 체계. 이는 유럽 그린딜(European Green Deal)의 핵심 목표이며, 파리협정에 따른 EU의 글로벌 기후 대응 약속과도 부합한다.

Critical Raw Materials (CRMs) / 핵심원자재: EU 경제에 필수적이지만 공급 위험과 불확실성이 존재하는 소재로 유럽위원회가 지정한 원자재. 다섯 번째 CRM 목록은 2023년에 발표되었으며, 전략 원자재(Strategic Raw Materials, 예: 구리, 니켈) 목록과 EU 핵심원자재법(EU Critical Raw Materials Act)의 수립을 지원하여 이러한 자원의 안정적이고 지속가능한 공급을 확보하는 것을 목표로 한다. 자세한 내용은 [13페이지](#) 참조.

Electric Vehicle Battery (EV battery) / 전기차용 배터리: 2023년 「EU 배터리 규정」에서 정의된 배터리로, 리튬이온 배터리(LiBs)와 같이 4륜 도로 차량의 구동(traction)에 사용되는 배터리를 의미한다. 배터리의 전체 분류는 [11페이지](#) 참조.

E-mobility & EV Sector / 전기 모빌리티 및 전기차 산업: 모빌리티의 전동화는 2050년 기후중립 목표 달성을 위해 필수적이다. 배터리는 승용차부터 중·대형 트럭, 선박에 이르기까지 다양한 운송수단에 동력을 제공한다.

End of Life (EOL) / 사용 종료 단계: 배터리와 같은 제품의 수명 주기에서 마지막 단계로, 더 이상 재사용이나 수리가 불가능하여 재활용이 필요하게 되는 상태를 의미한다.

Extended Producer Responsibility (EPR) / 생산자책임재활용제도: 제품의 사용 종료 단계에서 발생하는 환경 비용과 영향을 제조업체가 책임지도록 하기 위해 정부가 도입하는 정책 수단의 조합. 자세한 내용은 [28페이지](#) 참조.

Producer Responsibility Organisation (PRO) / 생산자책임기구: 배터리 수거 및 재활용과 같이 EPR 요구사항을 실제로 이행하기 위해 설립된 조직. 네덜란드 사례는 [28과 29페이지](#) 참조.

R-ladder & R-strategies / R-사다리 및 R-전략: 제품의 생산을 거부(refuse)하거나 재고(rethink)하는 단계부터 사용 종료 단계(EOL)에서 소재를 회수하는 단계에 이르기까지 순환적 실천을 계층적으로 정리한 프레임워크(Rood & Kishna, 2019). 사다리의 상위 단계에 위치한 전략일수록 더 적은 소재를 필요로 하므로 자원 관련 환경 영향을 줄일 수 있다. 재활용(recycling)은 다른 R-전략이 더 이상 적용될 수 없을 때 선택되는 '최후의 수단(last resort)'으로 간주된다. 또한 R-전략은 새로운 제품 설계, 기술, 비즈니스 모델과 같은 혁신과 결합하여 적용될 수 있다. 자세한 내용은 [19페이지](#) 참조.

참고문헌

- 1 . Energy Transitions Commission - ETC (2023). The Barriers to Clean Electrification Series. Material and Resource Requirements for the Energy Transition. [online] https://www.energy-transitions.org/wp-content/uploads/2023/07/ETC-Material-and-Resource-Requirements_vF.pdf [Accessed 18 October 2023]
- 2 McKinsey & Company & Global Battery Alliance (2023). Battery 2030: Resilient, sustainable, and circular. [online] <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/battery-2030-resilient-sustainable-and-circular> [Accessed 18 October 2023]
- 3 World Economic Forum (2019). A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030 Unlocking the Full Potential to Power Sustainable Development and Climate Change Mitigation. [online] https://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf [Accessed 18 October 2023]
- 4 McKinsey & Company (2023a). The race to decarbonize electric-vehicle batteries. [online] <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-race-to-decarbonize-electric-vehicle-batteries> [Accessed 18 October 2023]
- 5 Murdock, B. E., Toghiani, K. E., & Tapia/Ruiz, N. (2021). A perspective on the sustainability of cathode materials used in lithium-ion batteries. *Advanced Energy Materials*, 11(39), 2102028.
- 6 Research ISI (2022). Solid-State Battery Roadmap 2035+. [online] https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2022/SSB_Roadmap.pdf [Accessed 18 October 2023]
- 7 Wang, C., & Sun, X. (2023). The Promise of Solid-State Batteries for Safe and Reliable Energy Storage. *Engineering*, 21, 32-35.
- 8 Janek, J., & Zeier, W. G. (2023). Challenges in speeding up solid-state battery development. *Nature Energy*, 8(3), 230-240.
- 9 Toyota UK (2023). Toyota sets out advanced battery technology roadmap. [online] <https://media.toyota.co.uk/toyota-sets-out-advanced-battery-technology-roadmap/> [Accessed 16 October 2025]
- 10 Duffner, F., Kronmeyer, N., Tübke, J., Leker, J., Winter, M., & Schmich, R. (2021). Post-lithium-ion battery cell production and its compatibility with lithium-ion cell production infrastructure. *Nature Energy*, 6(2), 123-134.
- 11 Nurohmah, A.R., Nisa, S.S., Stulasti, K.N.R. et al. Sodium-ion battery from sea salt: a review. *Mater Renew Sustain Energy* 11, 71-89 (2022).
- 12 World Economic Forum (2019). A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030 Unlocking the Full Potential to Power Sustainable Development and Climate Change Mitigation. [online] https://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf [Accessed 18 October 2023]
- 13 McKinsey & Company (2023b). Enabling renewable energy with battery energy storage systems. [online] <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/enabling-renewable-energy-with-battery-energy-storage-systems> [Accessed 18 October 2023]
- 14 Stecca, M., Elizondo, L. R., Soeiro, T. B., Bauer, P., & Palensky, P. (2020). A comprehensive review of the integration of battery energy storage systems into distribution networks. *IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society*, 1, 46-65
- 15 McKinsey & Company & Global Battery Alliance (2023). Battery 2030: Resilient, sustainable, and circular. [online] <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/battery-2030-resilient-sustainable-and-circular> [Accessed 18 October 2023]
- 16 Virta (2025). The global electric vehicle market overview in 2025. [online] <https://www.virta.global/global-electric-vehicle-market> [Accessed 16 October 2025].
- 17 International Energy Agency - IEA (2023). Global EV Outlook 2023. Catching up with climate ambitions. [online] <https://iea.blob.core.windows.net/assets/dacf14d2-eabc-498a-8263-9f97fd5dc327/GEVO2023.pdf> [Accessed 18 October 2023]
- 18 Ibidem
- 19 KPMG (2023). Sustainable Batteries. Uptick in EV Battery market depends on a meaningful shift to a circular economy. *Automotive Industry Insights*. [online] <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2023/05/whitepaper-automotive-sustainable-batteries.pdf> [Accessed 18 October 2023]
- 20 U.S. Geological Survey (2022). Mineral commodity summaries 2022: U.S. Geological Survey. [online] <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022.pdf> [Accessed 18 October 2023]
- 21 United Nations Environment Programme - UNEP (2013). Environmental Risks and Challenges of Anthropogenic Metals Flows and Cycles, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel. [online] https://d396qusza40orc.cloudfront.net/metals/3_Environmental_Challenges_Metals-Full%20Report_36dpi_130923.pdf#96 [Accessed 18 October 2023]
- 22 International Energy Agency - IEA (2023). Global EV Outlook 2023. Catching up with climate ambitions. [online] <https://iea.blob.core.windows.net/assets/dacf14d2-eabc-498a-8263-9f97fd5dc327/GEVO2023.pdf> [Accessed 18 October 2023]
- 23 KPMG (2023). Sustainable Batteries. Uptick in EV Battery market depends on a meaningful shift to a circular economy. *Automotive Industry Insights*. [online] <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2023/05/whitepaper-automotive-sustainable-batteries.pdf> [Accessed 18 October 2023]
- 24 . Energy Transitions Commission - ETC (2023). The Barriers to Clean Electrification Series. Material and Resource Requirements for the Energy Transition. [online] https://www.energy-transitions.org/wp-content/uploads/2023/07/ETC-Material-and-Resource-Requirements_vF.pdf [Accessed 18 October 2023]
- 25 ARUP (2020). Circular business models for the lithium-ion battery industry. [online] <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/circular-lithium-ion-batteries> [Accessed 18 October 2023]
- 26 World Economic Forum (2019). A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030 Unlocking the Full Potential to Power Sustainable Development and Climate Change Mitigation. [online] https://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf [Accessed 18 October 2023]
- 27 ARUP (2020). Circular business models for the lithium-ion battery industry. [online] <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/circular-lithium-ion-batteries> [Accessed 18 October 2023]
- 28 Energy Transitions Commission - ETC (2023). The Barriers to Clean Electrification Series. Material and Resource Requirements for the Energy Transition. [online] https://www.energy-transitions.org/wp-content/uploads/2023/07/ETC-Material-and-Resource-Requirements_vF.pdf [Accessed 18 October 2023]
- 29 ARUP (2020). Circular business models for the lithium-ion battery industry. [online] <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/circular-lithium-ion-batteries> [Accessed 18 October 2023]
- 30 McKinsey & Company (2023a). The race to decarbonize electric-vehicle batteries. [online] <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-race-to-decarbonize-electric-vehicle-batteries> [Accessed 18 October 2023]
- 31 Éléonore Lèbre, Anthony Kung, Ekaterina Savinova, Rick K. Valenta. Mining on land or in the deep sea? Overlooked considerations of a reshuffling in the supply source mix, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 191, 2023, 106898, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.106898>.
- 32 World Economic Forum (2019). A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030 Unlocking the Full Potential to Power Sustainable Development and Climate Change Mitigation. [online] https://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf [Accessed 18 October 2023]
- 33 Eindhoven University of Technology. (2025) Fatbikes are not the culprits. [online] <https://www.tue.nl/en/news-and-events/news-overview/17-02-2025-fatbikes-are-not-the-culprits#:~:text=Source:%20Oplus%20/%20Elcke%20Vels,little%20space%20for%20other%20vehicles.> [Accessed 16 October 2025].
- 34 Toon Zijlstra, Stefan Bakker, Jan-Jelle Witte (2022). The widespread car ownership in the Netherlands. [online] <https://english.kimnet.nl/documents/2022/02/22/the-widespread-car-ownership-in-the-netherlands>. [Accessed 16 October 2025].

- 35 Regulation (EU) 2023/1542 of the European Parliament and of the Council of 12 July 2023 concerning batteries and waste batteries, amending Directive 2008/98/EC and Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Directive 2006/66/EC
- 36 Harper, G., Sommerville, R., Kendrick, E., Driscoll, L., Slater, P., Stolkin, R., C Anderson, P. (2019). Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. *Nature*, 575(7781), 75-86
- 37 Neumann, J., Petranikova, M., Meeus, M., Gamarra, J. D., Younesi, R., Winter, M., C Nowak, S. (2022). Recycling of lithium-ion batteries—current state of the art, circular economy, and next generation recycling. *Advanced energy materials*, 12(17), 2102917.
- 38 Laubinger, F., et al. (2021). “Modulated fees for Extended Producer Responsibility schemes (EPR)”, OECD Environment Working Papers, No. 184, OECD Publishing, Paris.
- 39 Lindhqvist, T. (2000). Extended Producer Responsibility in Cleaner Production: Policy Principle to Promote Environmental Improvements of Product Systems. [Doctoral Thesis (monograph), The International Institute for Industrial Environmental Economics]. IIIEE, Lund University.
- 40 Ellen Macarthur Foundation - EMF (2021). Extended Producer Responsibility: a necessary part of the solution to packaging waste and pollution. [online] <https://emf.thirdlight.com/file/24/Nh4L9FbNpqTjtNhOJMNAzR91O/Extended%20Producer%20Responsibility%20-%20Statement%20and%20Position%20Paper.pdf> [Accessed 18 October 2023]

Explore the Netherlands' guides on a more sustainable future. Read more about the full scope of Dutch technology, research organisations and industry-leading companies who are building partnerships.



This is a joint publication by:

Netherlands Enterprise Agency (RVO)

Prinses Beatrixlaan 2
2509 AC The Hague
The Netherlands
T +31 (0)70 379 80 00
E redesk@rvo.nl
W www.rvo.nl

Battery Competence Cluster NL

Automotive Campus 30
5708 JZ Helmond
The Netherlands
T +31 (0)49 256 22 11
E info@batterycompetencecluster.nl
W www.batterycompetencecluster.nl/en

Though great care has been taken in the preparation of this publication, the publishers cannot be held liable for damages of any kind arising from its use. Nothing in this publication may be reproduced or made public by means of print, photocopy, microfilm or any other method without the prior written permission of the publishers.

Would you like to present your organisation profile worldwide in the next edition of the NL branded guide 'Circular Batteries'? Please send your request to icep@rvo.nl

Photo credits

Cover photo Studio Haviq and NOWOS, Mark Kuipers (p. 8), Kumpan Electric (p. 10), NL Mobility (p. 12), Guido Dalessi (p. 13), MiningWatch Portugal (p. 15), Marieke Kijk in de Vegte (p. 16), Mobiliteit Batterij (p. 18), NOWOS (p. 19), Wiebe Kiestra Fotografie (p. 20), BNA Group (p. 21), Bart van Overbeeke (p. 24), E-Magy (p. 26), ARN (p. 28), Studio Haviq and NOWOS (p. 29 bottom left), Stichting OPEN (p. 29 top right, p.67), Hannah Anthonysz (p. 30), VDL Nedcar (p. 32)

Design

Things To Make And Do

Version: March 2026



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland



**Battery
Competence
Cluster - NL**

NL

Netherlands