

Kimya Endüstrisinde Küçük Modüler Reaktörlerin (SMR'ler) kullanılma potansiyeli

Zorlu Bir Geçiş

Kimya sektörü, 2021 yılında tüketilen yaklaşık 165 TWh ile AB'deki en büyük endüstriyel elektrik tüketicisidir¹. Düşük karbonlu elektrik ve yüksek sıcaklıklı endüstriyel ısı (buhar) birçok kimyasal üretim tesisi için kilit öneme sahiptir.

2050'ye giden yolda, endüstri, süreçleri elektrifikasyona tabi tutmaya ve kritik emisyon azaltma teknolojilerini uygulamaya çalıştıkça elektrik tüketiminin büyük ölçüde artacağı² öngörülmektedir. Ancak, bu hacimler henüz mevcut değildir ve yenilenebilir enerji kaynakları bunları karşılayamaz. Şebekeler şu anda geçiş için gereken kapasiteleri sağlamaya uygun değildir³ ve tedarik kesintilerinin üretim süreçleri üzerinde önemli etkileri vardır.

Ayrıca, 2040 iklim hedefine ilişkin Avrupa Komisyonu Tebliği, yüksek elektrik fiyatlarının uzun vadede düşmeyeceğini göstermektedir⁴. Komisyon analizi ayrıca, yüksek enerji maliyetlerinin kimya endüstrisi gibi Enerji Yoğun Endüstrileri (EİIs) artan uluslararası rekabete maruz bıraktığının altını çizmektedir.

Etkili bir geçiş ancak sektörün bol ve uygun fiyatlı düşük karbonlu enerjiye erişimi varsa gerçekleşebilir.

Bu makalenin amacı, kimya sektörünün enerji ihtiyaçlarını ortaya koyarak Küçük Modüler Reaktörlerin⁵ kimya sektöründe yerinde enerji üretimi sağlamada oynayabileceği potansiyel rolü ölçmektir. Bu şekilde, kimya sektörünün enerji ihtiyaçları konusunda endüstri, nükleer sektör ve ilgili paydaşlar arasındaki diyalogu kolaylaştırmayı amaçlamaktadır.

¹ Source: Eurostat.

² The EU Transition Pathway for the Chemical Industry outlines how electricity consumption by the chemical industry is set to increase by up to four times today. Source: European Commission, *Transition Pathway for the Chemical Industry*, 2023.

³ Eurelectric, *Decarbonisation Speedways study*, 2023.

⁴ Commission Communication, COM(2024) 63, *Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society*, 06.02.2024.

⁵ Commonly understood as small, modular nuclear reactors having usually a power output of between 10 megawatt electric (MWe) and 300 MWe.

Kimya Endüstrisi için Potansiyel Faydalar

Bu çerçevede, diğer yerinde düşük karbonlu üretim yollarının yanı sıra Küçük Modüler Reaktörler aracılığıyla yerinde elektrik ve ısı üretiminin önemli faydaları vardır.

Yerinde elektrik üretimi, şu anda elektrifikasyon yatırımlarını engelleyen yüksek elektrik şebekesi maliyetlerini azaltacağı için endüstriyel tüketiciler için de cazip bir seçenektir⁶.

Bazı SMR tasarımları, endüstriyel tüketim için eş zamanlı düşük karbonlu elektrik ve ısı üretimine olanak tanıyan bir kojenerasyon sistemi uygulamaktadır⁷.

Ayrıca, kimya endüstrisinin enerji yoğun üretim süreçleri, üretim tesislerinin kapsam 1 ve kapsam 2 emisyonlarını, ilgili CO₂ maliyetlerini önemli ölçüde azaltmak ve daha düşük karbon ayak izine sahip ürünler sunmak için SMR'lerin düşük karbonlu enerjisinden faydalanacaktır.

Teknoloji, kimya tesislerinin verimli bir şekilde çalışması için ihtiyaç duyduğu istikrarlı enerji arzının sağlanmasında kilit bir rol oynayabilir. Tesis içi elektrik üretimi, halihazırda sıkışık olan elektrik şebekelerindeki kapasiteleri de serbest bırakacaktır.

Buna ek olarak, SMR'lerin modüler yapısı, üretimi sürdürmek için gereken bol ve sürekli enerji akışını sağlayan güvenilir bir sistemi korurken bakım dönemlerini ele almak için yerinde yedek modül(ler) - yedekleme kapasitesi - kurulmasına izin verir.

Sorunsuz işletimi güvence altına almak ve SMR'ler için gerekli güvenlik standartlarını korumak için uzman üçüncü taraf kuruluşların dahil olması gerekir. Bu tür üçüncü taraflar varlık yönetimi, işletme, bakım, yakıt döngüsü ve kimyasal tesis üzerine kurulu teknolojinin arka ucundan sorumlu olacaktır. Alternatif bir seçenek de kimya şirketinin aşağıdakileri satın alması olabilir SMR'lerin hizmet olarak enerjisi.

SMR'lerin kimya endüstrisindeki potansiyel rolünü değerlendirmek için iki senaryo analiz edilmiştir: Petrokimya endüstrisi sektöründe etilen üretimi ve Klor Alkali endüstrisinde klor üretimi. Petrokimya üretimi, sürekli elektrik ve buhar tedarikine ihtiyaç duyan ve önemli miktarda sera gazı salınımına neden olan oldukça enerji yoğun bir süreçtir. Klor Alkali üretimi, ilgili elektrik fiyatlarının toplam üretim maliyetlerinin yarısından fazlasını temsil ettiği elektro-yoğun bir süreçtir. Sektörlerin özellikleri onları potansiyel SMR'lerin kullanımı için cazip kılmaktadır.

⁶ The biggest share of electricity grid costs is represented by the cost of generation and access to the grid in the form of network charges, renewable taxes and levies for transmission and distribution.

⁷ Installed combined heat and power (CHP) in the EU27 chemical industry, resulted in 37 TWh of electricity and 14 TWh of heat consumed by the industry in 2021 (source: Eurostat). Most CHP installations have a lifetime of around 20 years and require considerable investment for large scale maintenance of the capacity installed, which could potentially be matched by Small Modular Reactors.

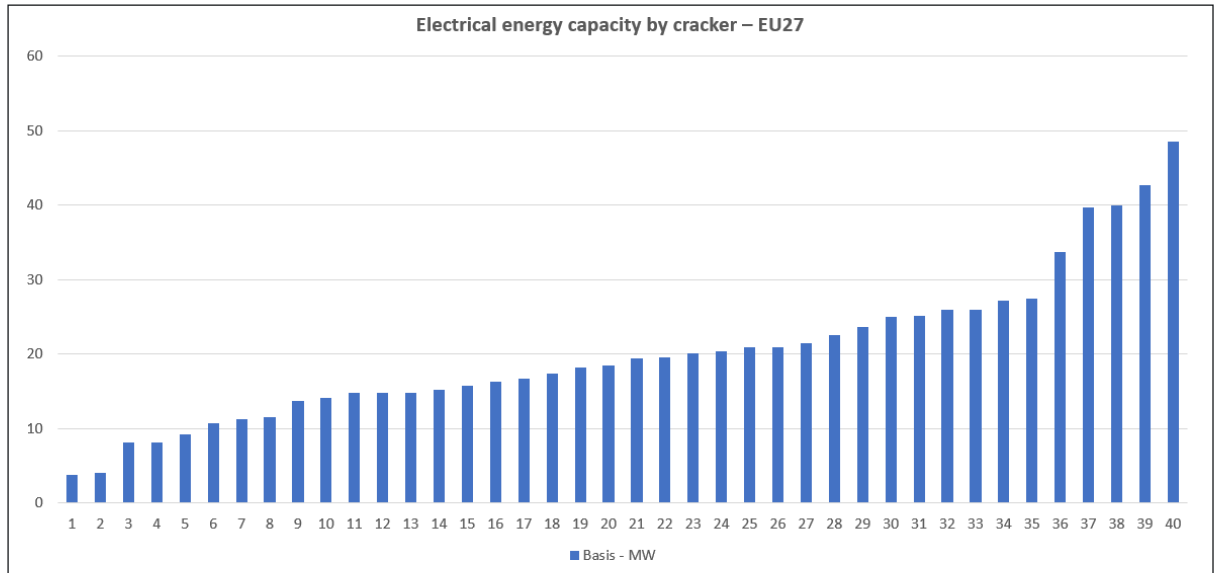
Sektörel uygulama - Petrokimyasallar

Etilen ve AB'deki toplam Yüksek Değerli Kimyasallar (HVCs)⁸ üretimi, petrokimya sanayi sektörünün⁹ enerji ihtiyaçları için bir vekil olarak kullanılmaktadır.

Dikkate alınan varsayımlar şunlardır:

- AB27 kapsamı;
- Faaliyette olan toplam 40 cracker;
- Ortalama 500-550 Kt etilen/yıl cracker üretimi;
- Etilen, HVC üretiminin ortalama %50'sini temsil etmektedir;
- Ortalama cracker birincil enerji tüketimi (fırınlar, pompalar ve kompresörler) 16,4 GJ/t HVC'dir:
 - Elektrik tüketimi: toplam enerji tüketiminin %9,5'i;
 - Yakıt tüketimi: toplam enerji tüketiminin %87,6'sı;
 - Buhar tüketimi: toplam enerji tüketiminin %2,9'u.
- 400°C'nin üzerinde yüksek basınçlı buhar gereklidir (>40 Bar, 100 Bar'a kadar);
- 900°C'ye kadar proses sıcaklığı;
- 7/24 çalışan tesisler.

Yukarıdaki varsayımlar ve %37,5'lik bir verimlilik oranı göz önünde bulundurulduğunda, 500-550 Kt/yıl üretim kapasitesine sahip ortalama bir etilen crackerini beslemek için gereken elektrik kapasitesi 19-20 MW olup, grafik 1'de gösterildiği gibi 4 MW'tan neredeyse 50 MW'a kadar uzanan bir aralıktadır. Bir crackerdeki elektrik tüketimine ilişkin rakam, pompalar (su soğutma, su pompaları için) ve kompresörler (kırılmış gaz kompresörü, propilen soğutucu akışkan kompresörü, etilen soğutucu akışkan kompresörü) gibi elektrikleştirilen birimlere bağlı olarak önemli ölçüde farklılık gösterebilir.

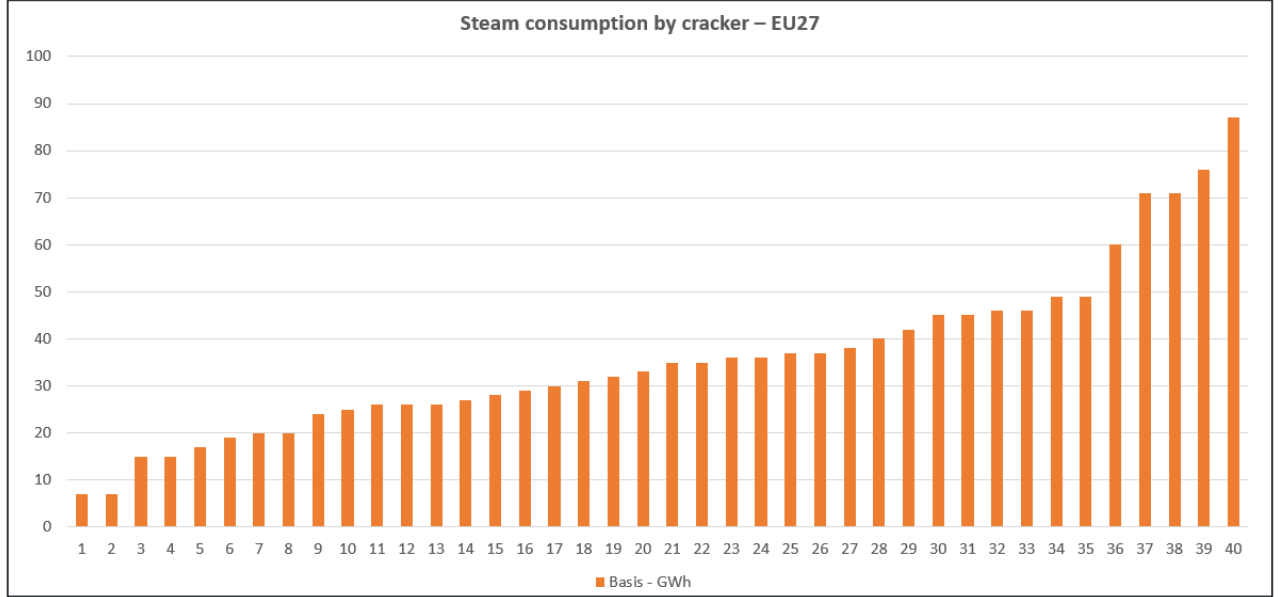


Grafik 1: Crackerlere göre elektrik enerjisi kapasitesi, AB27 (2021). Kaynak: Petrochemicals Europe, Cefic hesaplamaları.

⁸ High Value Chemicals (HVCs) include ethylene, propylene, butadiene, benzene, hydrogen and acetylene which are summarised for benchmarking reasons. HVCs represent a cracker's output products.

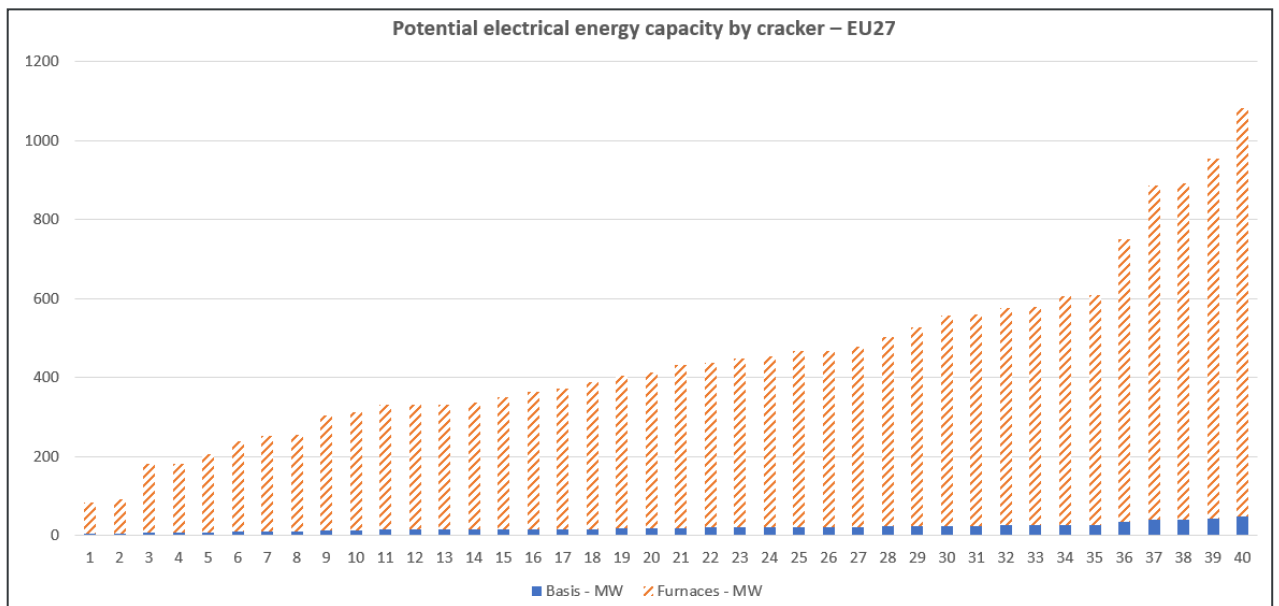
⁹ [Petrochemistry in Europe - Petrochemicals Europe - Petrochemicals Europe](#)

Mevcut buhar tüketimi göz önüne alındığında, medyan 34 GWh olup, 7 GWh ile yaklaşık 90 GWh arasında değişmektedir (grafik 2). Bu tüketimin elektrikle karşılanması durumunda, pompalar ve kompresörler hem elektrik hem de buharla çalıştırılabildiğinden bu rakam potansiyel olarak çok daha yüksek olabilir.



Grafik 2: Cracker'a göre buhar tüketimi, AB27 (2021). Kaynak: Petrochemicals Europe, Cefic hesaplamaları.

Bu çerçevede, grafik 3, mevcut elektrik tüketimine ek olarak tüm fırınların elektrikli hale getirilmesi durumunda ihtiyaç duyulacak elektrik kapasitesini göstermektedir. Bu rakam, 430-475 MW aralığında bir ortalama ile yaklaşık 1080 MW'a ulaşmaktadır.



Grafik 3: Cracker'lara göre potansiyel elektrik enerjisi kapasitesi, AB27. Kaynak: Petrochemicals Europe, Cefic hesaplamaları.

Sektörel uygulama - Klor Alkali

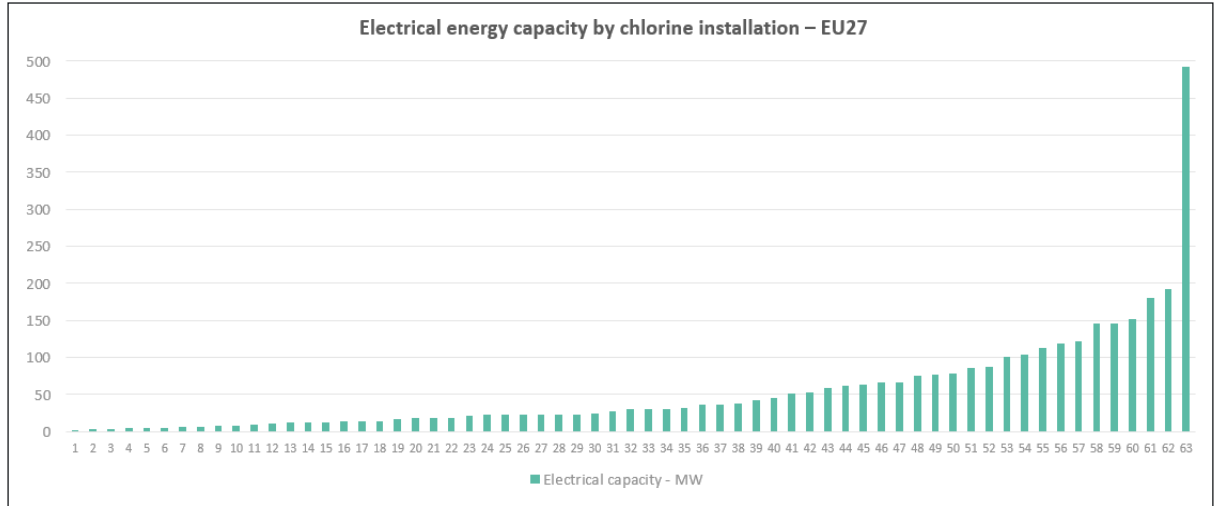
Klor Alkali sektöründe klor üretimi için enerji ihtiyacı¹⁰ bu analiz için ölçülmüştür.

Dikkate alınan varsayımlar şunlardır:

- AB27 kapsamı;
- Toplam 63 klor üretim tesisi faaliyettedir;
- Ortalama klor üretim çıktısı 181 Kt Cl₂/yıl;
- Toplam ortalama birincil elektrik tüketimi yaklaşık 2660 kWh/t Cl₂'dir (2022);
- Buhar tüketimi: 0,76 t/ t Cl₂;
- Yaklaşık 180°C'de buhar basıncı gereklidir (<15 Bar);
- 200°C'ye kadar proses sıcaklığı¹¹;
- 7/24 çalışan tesisler.

Yukarıdaki varsayımlara dayanarak, grafik 4 klor üretim tesislerinin (x eksen) ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisi kapasitesini (y eksen) göstermektedir. Sonuçlar 1 MW ile yaklaşık 500 MW¹² arasında değişmekte olup, ortalama bir tesis 55 MW elektrik kapasitesi gerektirmektedir. Toplam elektrik ve ısı talebi, gelecekte aynı kimya sahasındaki tesislerde sonraki süreçler için klor kullanıldıkça artabilir ve bu da emisyonları azaltmak için süreçlerinin elektrifikasyonunu yoğunlaştırabilir.

Güç yoğun bir süreç olan klor üretimi için elektrik maliyeti, toplam üretim maliyetlerinin %58-62'sini oluşturmaktadır¹³. Bu nedenle, yerinde elektrik üretimi, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin artan dalgalanmasının yarattığı zorlukların üstesinden gelmemizi sağlayacaktır.



Grafik 4: Klor üretim tesisine göre elektrik enerjisi kapasitesi, AB27 (2022). Kaynak: EuroChlor, Cefic hesaplamaları.

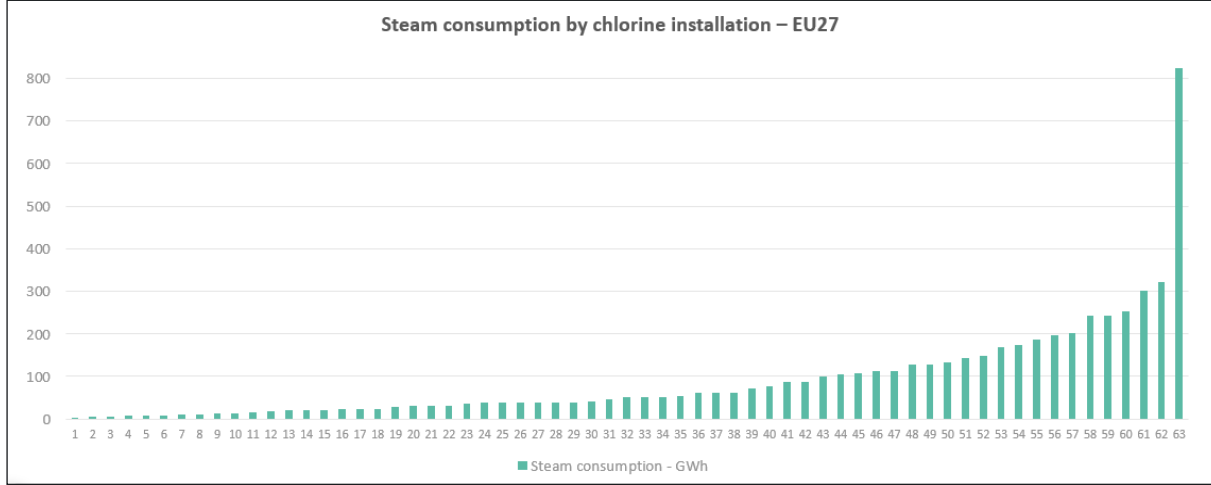
¹⁰ [Home - Eurochlor](#)

¹¹ The process temperature can reach up to 200°C in caustic evaporation and up to 90°C in the rest of the installation.

¹² The last installation represented in the graph stands out due to the fact that several plants operate in the same site.

¹³ [Home - Eurochlor](#)

Klor Alkali tesisleri üretim sürecinde elektriğin yanı sıra buhar da tüketir. Buhar, buharlaştırma işleminde ve elektrolizörleri çalışır durumda tutmak için tüketilir, bu da düşük üretim oranlarında çalışırken gereklidir. Grafik 5, üretim tesisi (x eksen) tarafından tüketilen buhar hacimlerini (y eksen) göstermektedir; bu hacimler 2 GWh ile 823 GWh arasında değişmekte olup ortalaması 50 GWh'dir.



Grafik 5: Klor üretim tesisine göre buhar tüketimi, AB27 (2022). Kaynak: EuroChlor, Cefic hesaplamaları.

İş Modeli Oluşturmak için Sonraki Adımlar

Uzun yatırım döngülerine sahip kimya endüstrisi, dönüşümünde rekabetçi olabilmek için mevzuat netliğine ihtiyaç duymaktadır.

Bu çalışma, Küçük Modüler Reaktörlerin kimya sektöründe yerinde enerji üretimi sağlamada oynayabileceği potansiyel rolü ölçmüştür.

Bundan sonraki tartışmalar, önümüzdeki zorlukları ele almaya odaklanmalı ve teknoloji-pozitif bir çerçeve oluşturmayı hedeflemelidir. Bu, sanayinin Avrupa'da gelişmesine olanak tanıyan emisyonların azaltılmasına katkıda bulunan mümkün olan en geniş azaltım teknolojileri ve çözüm seçeneklerine izin verilmesini gerektirir.

Sektörün ihtiyaçlarını kapsayan bir iş modeli oluşturmak ve destekleyici bir Avrupa düzenleyici çerçevesi tasarlamak kilit öneme sahiptir.

For more information please contact:

Elena Leonardi, Energy and Climate Manager,
ele@cefic.be

About Cefic

Cefic, the European Chemical Industry Council, founded in 1972, is the voice of large, medium and small chemical companies across Europe, which provide 1.2 million jobs and account for 14% of world chemicals production.