

Toryum ergimiş tuz reaktörleri ile devasa gemileri sıfır emisyonla yürütme projeleri.. Geminin elektrik santrali: Küçük Toryum reaktörü !

Yüksel Atakan, Radyasyon Fizikçisi, Dr. Almanya, ybatakan4@gmail.com

Çin, geçenlerde (7 Aralık 2023) toryum ergimiş tuz reaktörleri kullanarak, devasa yük gemilerini hiç CO₂ salmadan harekete geçireceğini açıkladı. 1 ton toryumun verdiği enerji, ancak 3,5 milyon ton kömürle elde edilebildiğinden, bu teknoloji gerçekleşirse ve Dünya denizlerinde her gün hareket halinde olan onbinlerce gemiye de yayılırsa, çok büyük miktarda CO₂ tasarrufuyla iklimin korunmasına büyük katkı sağlanacağı açık.

Çin projesine göre toryum ergimiş tuz reaktörünün kullanılacağı ilk konteyner taşıyıcı gemisi 400 m boyunda, 61 m eninde. Bu yük gemisi her biri 1 TEU (6,1 m boyunda x 2,44 eninde x 2,60 m yüksekliğinde) konteynerlerden 24.000 adet taşıyacak /1/.



Toryum, yakıt olarak kullanıldığında, uranyumlu reaktörlerde ortaya çıkan plütonyum'un hem ortaya çıkmaması, atom bombası yapılamaması, hem de uranyumun aksine zenginleştirilmesine gerek olamaması, ayrıca toryum'un bölünmesinden ortaya çıkan radyoaktif maddelerin kısa yarılanma süreli olmaları, uranyum yakıtlı reaktörlere göre, büyük üstünlük. Toryum ergimiş tuz reaktörlerinin böylelikle yakın gelecekte tüm denizlerde dolaşan gemilere yayılacağı CO₂ salmayan, iklimi koruyan bir enerji kaynağı olacağı bekleniyor.

Öte yandan Ulstein şirketi Kutup bölgesinde kullanılmak üzere, bataryalı gemilerin bataryalarını şarj etmek amacıyla yine aynı toryum ergimiş tuz yakıtlı elektrik üretim gemisini 2022'de projelendirdi. Böylelikle denizlerdeki bataryalı gemilere CO₂ salmayan küçük elektrik santral gemisiyle hizmet sunulmuş olacak /2/.



Resim: Ulstein şirketinin Kutup bölgesindeki bataryalı gemileri şarj etmek için projelendirdiği Toryum ergimiş tuz reaktörüyle çalışan gemisi

Toryum ile ilgili Dünya’da ve Türkiye’de Durum

Dünya’da bugün çalışan 440 kadar nükleer santralin tümü katı uranyum 235 yakıtlı. Toryum mineralinin içinde de, uranyum 235 gibi bölünebilen ve büyük miktarda enerjinin açığa çıkacağı ve bundan da elektrik üretilebilecek toryum var. Toryum minerali yer kabuğunda uranyum mineralinden 4 kat daha fazla. Türkiye, Dünya’da toryum zengini olan ülkelerin başlarında yer alıyor. Eskişehir /Sivrihisar toprakları, toryumun bol bulunduğu bölge.

Toryum ergimiş tuz reaktörleri nedir, nasıl çalışırlar (Molten Salt Reactors, MSR)?

Toryum ergimiş tuz reaktörleri tasarımları, IV kuşak denilen en yeni nükleer reaktör projelerinin, bugün en ilgi çekici olanlarıdır. Bu reaktörlerde 1,000°C’ye varan sıcaklıktaki, ergimiş tuzun içine toryum ve katkı maddesi olarak da bir miktar uranyum 235 karıştırılıyor ve böylece sıvı yakıt oluşturulmuş oluyor. Bu tuz sıvı yakıt karışımı, hem yakıt, hem de soğutucu olarak kullanılıyor ve grafit yapının (çekirdek) çevresine sürekli pompalanıyor. Böylelikle reaktörü sui le soğutmaya gerek kalmıyor.

Sonra bu sıvı, ısı değiştiricilere ulaşarak ısı enerjisini, ikincil, yakıtsız sıvı tuz devresine aktarıyor. Birincil devredeki, sıvı tuzun bir miktarı, nükleer bölünme sonucu ortaya çıkan radyoaktif maddelerin sıvıdan çekileceği kimyasal işlem bölümüne iletiliyor ve sisteme yeni yakıt enjekte ediliyor. Bu şekilde reaktör sürekli çalışıyor ve durmadan elektrik üretiyor. Toryum ergimiş tuz reaktörleri küçük modüler reaktörler (SMR) olarak istenilen yerlerde, örneğin yukarıda açıklandığı gibi, gemilerde sorunsuz kullanılabilir. Enerji üretiminde kullanılan toryum miktarının az olması da bir avantaj. Bu nedenle bir çok ülkenin ilgisini çekiyor. 3 m yüksekliğinde ve 2,5 m genişliğinde böyle bir küçük reaktör (SMR) 100,000 kişinin elektriğini sağlayabiliyor. Çin toryum yakıtı kullanarak reaktörler yapmaya ve 100 MW’lık bir diğer projeyi 2030’da bitirmeyi planlıyor. Böylelikle Çin, güneş ve rüzgar enerjilerinden yararlanmanın yanı sıra, toryum reaktörleriyle de iklimi CO₂ ‘den korumayı ve 2060 yılında sıfır emisyonu hedefliyor.

Bu avantajlara karşın, reaktör çalışırken yakının çevresine, fazla radyasyon yayması, toryum ergimiş tuz reaktörlerinde çalışmaları zorlaştırdığından, ilgili önlemlerin alınması ve

çalışmaların kısa sürmesi gerekiyor. Toryum ergimiş tuz reaktörlerinin, daha da geliştirilerek 2030'da piyasaya artarak sunulması bekleniyor.

Şekil 1: Toryum Ergimiş Tuz reaktörüne bir örnek Solda reaktör kabı ve içinde toryum karışımı ergimiş tuz, Kontrol çubukları hareket mekanizmaları, sağda ikincil devre tuz ısı değiştiriciler, pompalar.

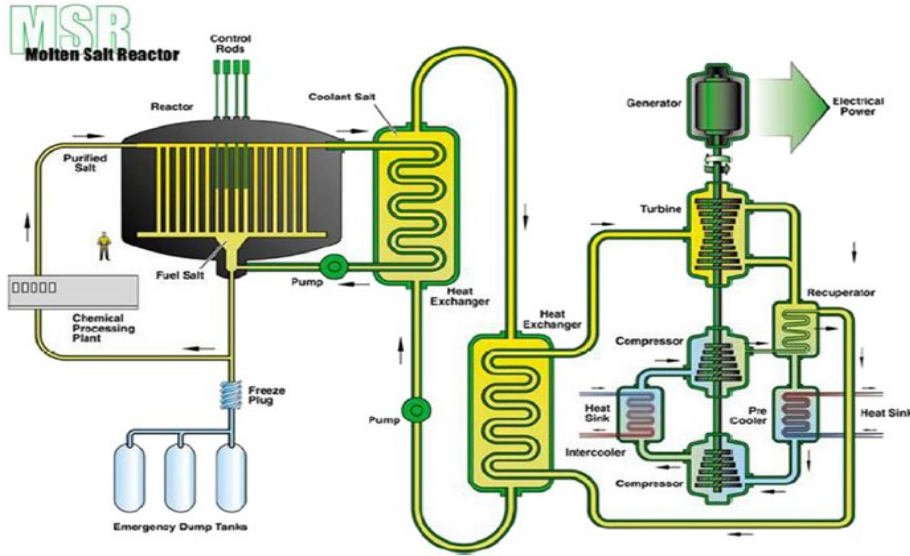


Fig. 7. Molten salt reactor.

Bugün toryum ergimiş tuz reaktörleriyle ilgili araştırma projeleri nerelerde var?

Bugün AB'de, SAMOFAR (Safety Assessment of the Molten Salt Fast Reactor), MOSART, projelerini, Japonya'da FUJİ, ABD'de, Terra Power, Kairos Power, vd., Çin ve Hindistan da çeşitli projeleri yürütüyor. Türkiye'de de FİGES/ThorAtom projesi var /Ayrıntılar için Bkz 3/. Kanada'da da Terrestrial Energy şirketi küçük modüler MSR'leriyle, ThorCon şirketi ise deniz araçlarında MSR kullanımıyla ilgili araştırmalarla uğraşıyorlar. Alabama'da, Flibe Energy şirketi, küçük toryum ergimiş tuz reaktörlerini geliştirme projesini sürdürüyor.

Çin'in ilk toryum ergimiş tuz reaktörü 2 MW (TMSR: Thorium Molten Salt Reactor)

Çin, bu reaktör projesine 2011 yılında Wuwei kentinde başladı. Bu prototip reaktör için işletme izninin 2023'de verildiği de açıklandı.

Türkiye için çıkarılabilecek sonuçlar

Toryum ergimiş tuz reaktörleriyle ilgili çalışmalarını Türkiye'de ThorAtom şirketi yürüyor/1/. İlgili devlet kurumlarının, üniversitelerin ve endüstrinin de, gelişmiş ülkelerde olduğu gibi, toryum ergimiş tuz reaktörlerine (Küçük Modüler Reaktörler, SMR, olarak) önem vererek ileri araştırmalar yapması beklenir. Özellikle yukarıda açıklanan Çin örneğinde olduğu gibi bunların gemilerde kullanımıyla ilgili projelere başlaması, hem bu konularda kaliteli yeni iş alanları açacağından, hem de iklimi CO₂ salınmasından korumaya katkı sağlayacağından, önerilir.

Nükleer atıkların derin mağaralarda kayalar içinde güvenli depolanması

Öte yandan, nükleer reaktörlerde ortaya çıkan radyoaktif atıkların güvenli depolanmasıyla ilgili araştırmalarda da büyük gelişmeler var. Bu konuda Finlandiya örneğinde olduğu gibi radyoaktif atıklar, bir kaç km derinlikteki kayalarda açılan mağaralarda beton ile karıştırılarak, mağara ile birlikte kapsülleniyor ve dış dünya ile ilişkisi tümüyle kesiliyor¹.

Kaynaklar

/1/ <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/china-reveals-molten-salt-nuclear-reactor-driven-24000-teu-box-ship-design-78845>

/2/ Ulstein Thor will operate as a mobile power charging station for battery-driven cruise ships (source: Ulstein)

/3/ <https://www.analizgazetesi.com.tr/haber/thoratom-ilk-kez-nppeste-tanitildi-8986/> (Türkiye’deki FIGES çalışmalarını Sayın Dr.Reşat Uzman özetlemesi nedeniyle kendisine teşekkür ederim).

ⁱ <https://www.radyasyonyatakan.com/yazi/yuksek-radyoaktiviteli-nukleer-atiklarin-guvenli-depolama-arastirmalari-finlandiya-ornegi> / BilimveGelecek Nisan 2022