



YENİ ZELANDA’NIN JEOTERMAL ENERJİ TARİHİ: ZORLUKLAR VE ÇÖZÜMLER

The New Zealand Geothermal Energy Story: Challenges And Solutions

Sadiq J. ZARROUK

ÖZET

Yeni Zelanda’da jeotermal enerjinin kullanımı, her zaman Yeni Zelanda’daki Mouri halkının yaşam ve kültürünün bir parçası olduğu için Avrupa öncesi yerleşime dayanmaktadır. Jeotermal enerjinin büyük ölçekli endüstriyel kullanımı, 1950 yılında başlayan Wairakei ve Kawarau’daki iki fazlı jeotermal akışkandan elektrik üretiminin gelişmesiyle başladı.

Bu çalışmada, enerji santrali tasarımında ortaya çıkan bazı zorlukların ana hatları çizilmektedir: Önce türbin içinde mineral çökmesi, nem hasarı ile sonuçlanan merkezi ayırıştırma ve nem giderme sistemi ile ilgili teknik sorunlar ve son bulgulardan bazılarının sunulduğu ve uygulandığı çözümler incelenmektedir.

Ardından Yeni Zelanda’daki jeotermal enerji teknolojisi eğitiminin tarihini, önceki Lisansüstü Diploma programından (1979-2002) öğrenilen dersleri ve mevcut Lisansüstü Sertifika kursunun (2007-şimdi) uygulanmasını, zorluklarını ve gelecekteki yönleri tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yeni Zelanda; Ayırıcı, Nem hasarı, Jeotermal enerji eğitimi, PGCert.

ABSTRACT

The use of geothermal energy in New Zealand dates back to pre-European settlement, as it has always been part of the life and the culture of the Mouri people of New Zealand. Largescale industrial use of geothermal energy started with the development of the power generation from two-phase geothermal fluid in Wairakei and Kawarau, which started in 1950.

This work outlines some of the resent challenges in power plant design; first covering technical issues with centralized separation and moisture removal system, which has resulted in mineral scaling and moisture damage in the turbine. Where some of the recent findings are presented and the solutions that was implemented.

Then we discuss the history of geothermal energy technology training in New Zealand, the lessons learned from the past Postgraduate Diploma program (1979-2002) and the implementation, challenges and future directions of the current Postgraduate Certificate course (2007-now).

Key Words: New Zealand; Separator, Moisture damage, Geothermal energy education, PGCert.

1. GİRİŞ

Yeni Zelanda, önceki 2005-2015 döneminde hızlı bir jeotermal enerji kullanımı döneminden sonra son 5 yıldır (2015 den beri) jeotermal enerji sektöründe konsolidasyon dönemindedir. İki küçük enerji santrali yapım aşamasında ya da hazır durumdadır. Ngawa'da 25 MWe santral erken yapım aşamasında, Kawerau'da 25 MWe Te Ahi O Maui santrali Eylül 2018 de çalışmaya hazır duruma gelmiştir. Toplamda 1000 MWe den biraz fazla jeotermal enerji üretim kapasitesi vardır bu da yenilenebilir enerji odaklı olan elektrik sisteminin içinde ulusal elektrik sistemine %18 katkıda bulunmaktadır. Yeni Zelanda hali hazırda elektriğinin %80'ini yenilenebilir kaynaklardan elde etmektedir ve yeni İşçipartisi önderliğindeki koalisyon hükümeti 2035 itibariyle yenilenebilir üretimini stratejik olarak %100 e çıkarmayı hedeflemektedir ve 2019'da Sıfır Karbon Yasasını çıkarmıştır. Yeni Zelanda'nın jeotermal kaynakları ülke bu yeni geleceğe doğru yönelirken çok önemli rol oynayacaktır. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı üzerinde özellikle bir vurgu vardır. Yeni Zelanda'nın jeotermal enerjinin doğrudan kullanım alanlarında istihdamı artırma ve direkt kullanımı artırma konusunda strateji ve uygulama aktiviteleri vardır. Taupo Volkanik sahası bu aktivitelerin odak noktasıdır. Jeotermal ısı pompası konusunda 2011 Christchurch depreminden sonra başlamış olan yeniden inşa aktiviteleri kapsamında Christchurch'de uygulanmakta olan aküfer enerji sistemlerini kullanan birkaç ticari işletme vardır. Yeni Zelanda jeotermal ısı pompalarını da içeren doğrudan jeotermal ısı konusunda bir büyüme dönemine girmektedir. Yeni Zelanda her zaman jeotermal teknoloji ve eğitimi konusunda her zaman en iyi seviyede olmuştur.

2. JEOTERMAL ENERJİ SANTRALLERİNDE NEM GİDERME SİSTEMLERİ

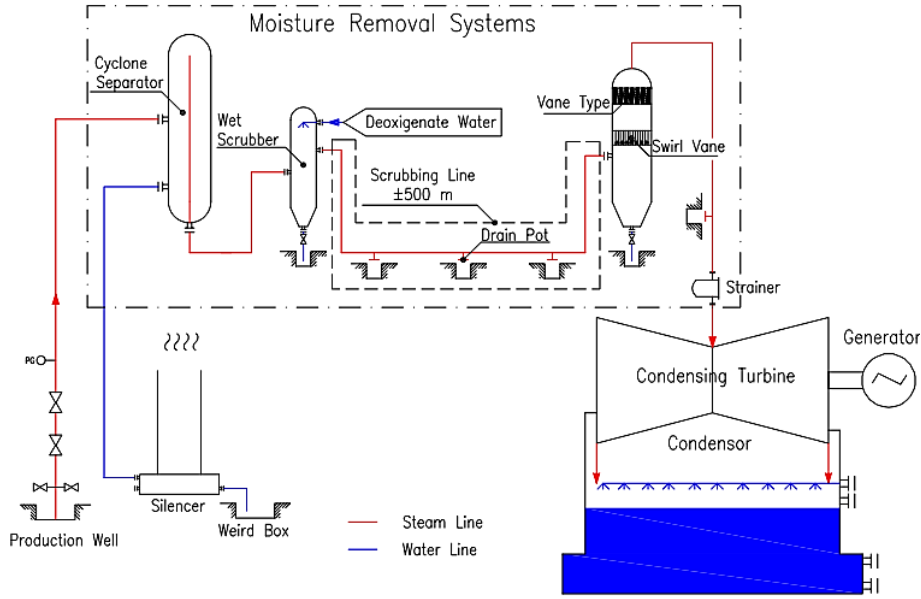
Jeotermal buhar- su ayırıcısı birçok jeotermal santralde kullanılan temel bir bileşendir. Ancak, bunların %100 verimli olmadığı ortaya konmuştur[1]. Bu, sıvının jeotermal buhar hatlarına taşınıp, eğer uygun bir şekilde giderilmezse türbinlere ulaşmasıyla sonuçlanacaktır. Sıvı taşınmasına ek olarak, yalıtılmış boru hattı boyunca ısı kaybına bağlı olarak boru hattı içinde buhar yoğunlaşması oluşacaktır.

Düşük ve yarı uçucu kontaminantlar sıvıda çözündüğü için, herhangi su sürüklenmesi türbin bıçaklarına, gövdesine ve nozullarda ağır hasara ve türbinin performansında düşüşe, büyük bakım masrafına ve muhtemelen türbin shaft değiştirilmesine sebep olacaktır. Su taşınması ve buhar yoğunlaşması, scrubbing denilen proseste buhar boru hattı boyunca yerleştirilmiş buhar tuzakları kullanılarak buhar boru hattından deşarj edilir. Böylece, arzu edilmeyen buhar yoğunlaşmaları uzun boru hatlarında buharı minerallerden temizlemeye yardımcı olur. Aynı zamanda, son savunma noktası olarak türbin yuvasının yakınına yerleştirilmiş nem giderici cihazlar bulunmaktadır (Şekil 1).

Küçük bireysel kuyubaşı ayırıcılar kullanmak taşınan damlacıkların borunun dibine yerleşmesini sağlayacak daha uzun scrubbing hatları ile sonuçlanacaktır. Bu, türbin girişinde istenen \geq %99 kalitesinde yüksek saflıkta buhar oluşmasına yardımcı olacaktır.

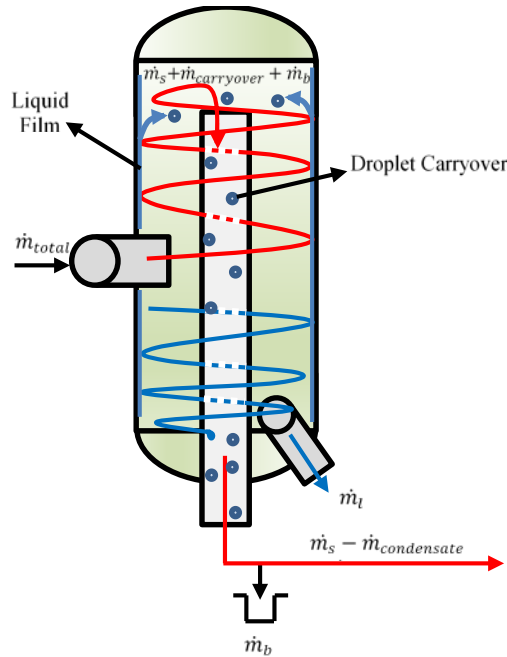
Wairaei, Yeni Zelanda'daki 60 yıldan fazla alan deneyimi şunu göstermiştir; çoklu küçük çaplı uzun boru hatları yüksek saflıkta ve kalitede buharın türbinlere gitmesini sağlamaktadır. Ancak, verimlilik, basınç kaybını azaltma ve düşük yapım maliyetine odaklanan günümüz buhar alanı tasarım uygulamaları, güç santralinin yakınına yerleştirilmiş büyük merkezi ayırıcı tesisler demektir. Bu, bilinen ayırıcı performans tasarım sınırlarını zorlamakta, daha çok nem taşınmakta ve daha büyük çaplı scrubbing hatları kısalmaktadır. Buhar boru hattı scrubbing için daha az zaman ve türbinlere ulaşan daha fazla nem ve minerallerle sonuçlanır.

Son saha deneyimi eğer bu ayırıcılar güç santraline yakın olarak yerleştirilirse, her iki tipteki (yatay ve dikey) ayırıcı tasarımının nem ve mineral taşınması ile mücadele edeceğini göstermiştir. Bu problemle karşılaşıldığında, buhar saha operatörleri donanımı iyileştirmekle sorunu çözmek konusunda sınırlı çözüme sahip olacaktırlar. Dolayısı ile yapım öncesinde doğru kavramsal tasarımı elde etmek çok önemlidir.



Şekil 1. Nem giderme sisteminin optimum konfigürasyonu [2].

Yeni Zelanda'da tasarlanmış dikey ayırıcılar için, Wairakei, Te-Mihi santralindeki büyük 17m yükseklik ve 3 m çaplı ayırıcıların son saha bazlı izleyici testi, ayırıcı tankının dış duvarlarındaki sıvı film katmanının duvar akışı (Şekil 2) sıvı (damlacık) taşınmasına katkıda bulunduğunu göstermiştir (1,3). Duvar akışı birkaç saatle geciktirilir böylece bu etkiyi ölçmek için izleyici testini birkaç saat sürdürmek gerekir.



Şekil 2. Duvar akış etkisini gösteren yatay alttan çıkışlı ayırıcı içindeki basitleştirilmiş akış mekanizması [3].

Rizaldy ve Zarrouk [3] duvar akışının, ayırıcının içindeki buhar hızının fonksiyonu olduğunu göstermiştir. Taşınan damlacıklar çok küçük olabileceği için, ayırıcıdan sonra hepsi ilk tahliye kabının içine düşmeyecektir. Bu sonuçların esas göstergesi şudur: günümüzde kullanılan ayırıcı verimliliği hesaplama metodu doğru değildir, genellikle ayırıcı verimliliğini olduğundan daha fazla öngörmektedir.



En iyi tasarım uygulaması santralde son çevrim içi scrubber ya da buğu çözücü bulundururken, ayırıcıyı ıslak scrubbing hatlı santralden >400-500 metre uzakta tutmaktır [2].

Yeni Zelanda ve Endonezya'daki santrallerde oluşan son günlerdeki nem hasarı deneyimi jeotermal flaş ve buhar santrallerinde kısıtlamalara dikkat çekmiştir. Bana göre buhar santrallerinin geleceği sınırlıdır ve Yeni Zelanda ve dünyanın diğer yerlerindeki geleceğin 'çoğu' santral muhtemelen ikili tesislerdir.

3. JEOTERMAL ENERJİ EĞİTİMİ

Jeotermal enerji eğitimi dünyada çok az lisans üstü dersi olan çok uzmanlaşmış bir alandır. Auckland Üniversitesi'ndeki Jeotermal Enstitüsü (JE) 1979'dan 2002'ye kadar jeotermal enerji teknolojisinde çok başarılı bir yıllık lisansüstü diploma programı sürdürmüştür [4]. JE şu anda çoğu kendi ülkesinde kıdemli pozisyonda olan 50'den fazla ülkeden 1300 mezunu vardır. Hala Yeni Zelanda Jeotermal Endüstrisi ile bağlantı ve kontratlar aracılığı ile yakın ilişkilerini muhafaza etmektedirler. JE ayrıca birçok Yeni Zelanda jeotermal uzmanı eğitmiş ve Yeni Zelanda'yı jeotermal araştırma, bilgi ve uygulama alanında dünya çapında ön saflarda tutmuştur.

Jeotermal enerji eğitimi Yeni Zelanda'nın yerel ve teknoloji ihracat endüstrilerini desteklemekte çok önemlidir. Yeni Zelanda jeotermal doğal kaynaklar zenginliği ve uzmanlığa sahiptir. Jeotermal sistemlere, doğal güzellikleri, direkt kullanım uygulamaları ve güç üretimi için değer verilmiştir. Yeni Zelanda şu anda elektriğinin % 80'ini yenilenebilir kaynaklardan üretmektedir, bunun % 18' i jeotermal enerjidir. Yüksek dereceli jeotermal sistemlerin çoğu orta Kuzey Ada'da yer almaktadır, Yeni Zelanda'nın en büyük şehri Auckland'den kara yolu ile üç saatlik mesafededir.

Ne yazık ki, 2002 yılı sonunda Lisans Üstü programı dersleri için Yeni Zelanda hükümetinin verdiği destek geri çekilmiştir. Jeotermal endüstrisinde jeotermal araştırmadaki ivme kaybına ve profesyonellerin artan endişesine ve jeotermal profesyonellerinin olası eksikliğine rağmen bu destek çekilmiştir [4].

JE 1978'den itibaren Birleşmiş Milletler tarafından, daha sonra 2002'ye kadar Yeni Zelanda hükümeti tarafından finanse edilmiştir. Enstitünün yedi tam zamanlı akademik personel (üç jeotermal mühendislik ve dört yer bilimci), artı üç yönetim personeli (müdür, sekreter ve teknisyen) vardı ve yılda ortalama 25/30 öğrenciyle bir yıllık (iki dönemlik) lisansüstü programı sürdürmüştür. Ayrıca yer bilimleri ve mühendislik alanında jeotermal araştırma dersi alan yüksek lisans ve doktora öğrencileri de vardı.

Derse devam eden öğrencilerin çoğu (>%85) Yeni Zelanda devlet burslarıyla finanse edildiler. Öğrenci kaydından elde edilen gelir Lisans Üstü programının devam etmesini destekleyemedi. Bu nedenle, 2003 yılında Yeni Zelanda devlet burs programını ve personel maaşlarını karşılayamadı. Dersler üniversite tarafından durduruldu ve akademik kadronun çoğu işsiz bırakıldılar. JE'nin kaderi Pisa, İtalya ve Kyushu, Japonya'da olan jeotermal derslerden farklı değildi (Tablo 1), bu şehirlerdeki dersler de devlet bursu ya da dış fonlara veya burs programlarına bağlı idi. Benzer bir sonuç daha kısa bir zaman diliminde (2011-2013) Nevada Üniversitesi'nde jeotermal eğitimin programının başına geldi [4]. Bu durum benzer programlar için örnek teşkil etmektedir çünkü hükümetler fon sağlama ya da yardım programlarını değiştirirler ve akademik dersler risk altında olur. Bunu göz önünde bulundurarak, 2007'de jeotermal enerji teknolojisi konusunda yeni yüksek lisans sertifika programı başlatırken, dersin kendi kendini sürdürebilir olması konusuna önem verildi.

Tablo 1. Dünyadaki yüksek lisans jeotermal programların tarihçesi[4].

Enstitü	Ülke	Başlangıç Yılı	Sona Erdirildiği Yıl	Süresi (ay)	Finans Desteği
International Institute for Geothermal Research, CRN in Pisa,	İtalya	1970	1985	9	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP). UNESCO
		1985	1992	8	
Kyushu University	Japonya	1970 2016	2001 Sürüyor	2 – 4 6	Japon Hükümeti (JICA)
Auckland University	Yeni Zelanda	1978 2007	2002 Sürüyor	9 4	UNDP and MFAT Burs (yıldan yola değişen sayıda) İşverenler tarafından finanse edilen öğrenciler Kendi imkanları ile gelen öğrenciler
UNU-GTP Reykjavik	İzlanda	1979	Sürüyor	6	İzlanda Hükümeti ve UNU (until 2007) İşverenler tarafından finanse edilen öğrenciler

3.1 (2007'den bugüne kadar) jeotermal Yüksek Lisans sertifika programları

2007 yılında Contact Enerji Ltd. ve MBCentury Ltd. den alınan iki yıllık üç burs ve Mühendislik Bilimleri Bölümü'nün akademi kadrosunun girişimiyle tek dönemlik (60 puanlık) bir Yüksek lisans sertifika dersi açıldı. Bu burslar Şekil 3'de gösterildiği gibi dersin her yıl artan öğrencileriyle açılmasını sağladı.

Şekil 3 öğrencilerin sayısının 2007'den beri artışını gösteriyor. 2009'daki yurt içi öğrencilerinin alıılmamış artışına dikkat ediniz. Bu durum Yeni Zelanda ve Avustralya öğrencilerinin 2008 sonlarında finansal problemler ve istihdam sorunu nedeniyle bu programa yönelmelerindedir.

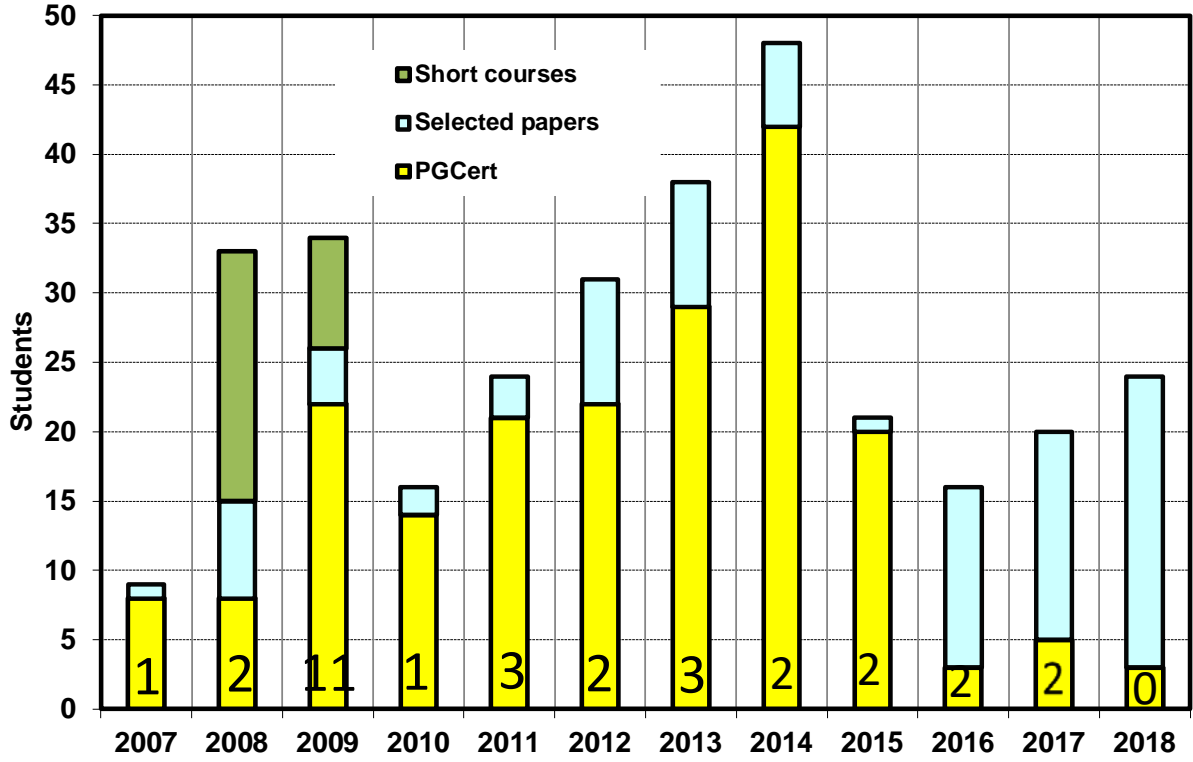
Jeoloji Enstitüsü Yüksek Lisans diploma programından alınan ders ve dersin yürütülmesindeki sorunları anlamak, minimum risk ile sürdürülebilirliğini garantilemek için bize Yüksek lisans sertifika programını yapılandırma konusunda yardım etti.

Ders tek döneme (19 hafta) indirildi bu da iş verenlerin çalışanlarını Yeni Zelanda'ya göndermelerini ucuzlattı ve kolaylaştırdı.

Ders altı haftalık bloklara bölündü. Bu da öğrencilerin yüksek lisans sertifika programını altı hafta uzunluğunda bloklar ve bir aylık kısa proje şeklinde iki yıla yayabilecekleri yüksek lisans sertifika programı demektir. Şirketler tarafından sponsorluk verilen bazı öğrencilere bu çok cazip gelmiştir.

İlk dört yıl ders iki yarı zamanlı (%50) akademik personel tarafından verilmiştir. Şu anda bir tam zamanlı öğretim üyesi (yazar) ders vermektedir, Diğer öğretim görevlileri de ya zamanlarını vermekte ya da kısa dönemlik kontratlarla yardımcı olmaktadır.

Yüksek lisans sertifika programının ilk üç yılında açık giriş kısa kursu olarak bazı makaleler kullanılmıştır (Şekil 3). Bu öğrenci sayısını ve kursun finansmanını artırmak için amaçlanmıştır. Ancak, öğrenciler sonunda hiç bir şekilde sınav olmayan bu kısa kursu akademik programda ders yapmak kadar ciddiye almadıkları için, bu yöntem başarılı olmamıştır. Ayrıca da bir kısım öğrencinin programın yarısında bu kursa katılmaları sınıfın uyumunu da bozmuştur.



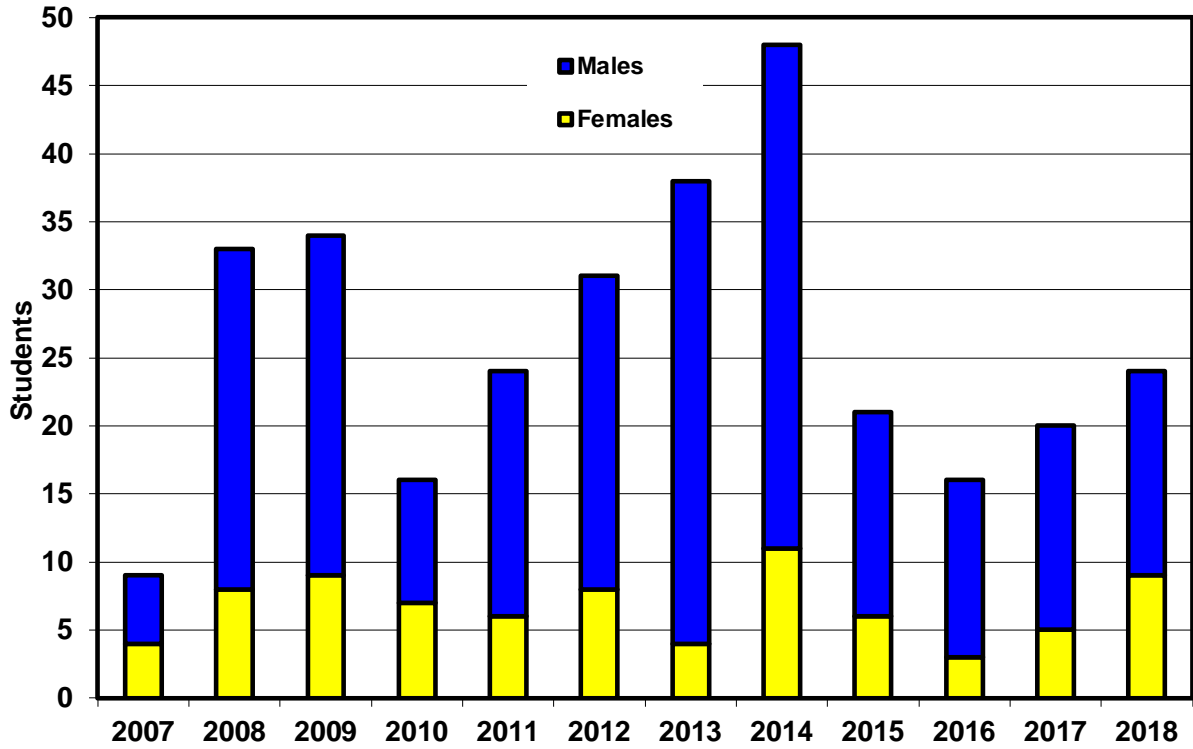
Şekil 3. Yüksek lisans sertifika programına yıllık öğrenci kaydı, seçilen makaleler ve kısa kurslar. Sarı çizgilerin içindeki rakamlar her yıl uzun (tam) yüksek lisans sertifika programına devam eden yurt içi öğrencilerini göstermektedir. (yeşil: kısa kurslar, mavi: seçilen makaleler, sarı: yüksek lisans sertifika programı)

Yüksek lisans sertifika programı esas olarak mühendislik ve bilim alanındaki üniversite mezunlarını jeotermal endüstride çalışmak için eğitmeyi amaçlamıştır. Bu, olgun ve sağlam bir endüstride kanıtlanmış teknolojinin kullanılmasıdır ve öğrenciler ilgili literatüre yönlendirilmektedirler. Ancak, dersin bütünsel yapısından dolayı zaman tasarrufu yapmak ve internete ve bazı literatürde bulunan karmaşık bilgidan kaçınmak için, program ders materyallerinin çoğu öğrencilere hazır olarak verilmektedir.

Öğretim güçlü bir araştırma temeline dayalıdır ve öğrencilerin çoğunun projeleri akademik dergilerde ve konferans kitapçıklarında yayınlanmış ve gelecekteki öğrenciler için kaynak olarak bulur durumdadır. Projelerin tamamı endüstri odaklıdır ve günümüz sondaj ve kullanım tekniklerini geliştirme ve iyileştirme yollarıyla ilgilidir. Program tüm jeotermal enerji konularında araştırma yapan yüksek lisans ve doktora öğrencileri arasında da popülerdir. Yüksek lisans sertifika programı mezunları hem Yeni Zelanda'da hem de deniz aşırı ülkelerde jeotermal endüstri tarafından rağbet görmekte ve aranmaktadır.

Yüksek lisans sertifika programı ders yoğun bir program olup her gün dört saat ders ve iki saat de bire bir (öğretmen-öğrenci) dersi içermektedir. Ayrıca dersin önemli noktalarına odaklanan bir çok saha ziyaretini de içerir. Öğrenciler dönem ortasında tek bir hafta ara verebildikleri ve çoğu hafta sonunda saha ziyareti yapmak zorunda kaldıkları için, program emek isteyen bir programdır.

Öğrencilerin çoğu (%85 inden fazlası) farklı akademik alt yapıdan (bilim veya mühendislik) gelen yaşları (22-62) arası çeşitli etnik ve cinsiyetten uluslararası öğrencilerdir (Şekil 4). Bu çeşitlilik öğretim görevlileri ve öğrenciler arasında karşılıklı saygı ile olumlu ilişkiler geliştirmek açısından büyük çaba sarf etmeyi gerektirmektedir.



Şekil 4: Yüksek lisans sertifika programında cinsiyet dağılımı (2007-2018). (mavi: erkek, sarı: kadın)

Öğrencilerin alt yapılarının çeşitliliği göz önünde bulundurularak, kursun ilk iki haftası jeotermal enerjinin ilkelerine ayrılmıştır böylece öğrencilerin arasındaki bilgi farkı azaltılarak hepsinin bilgi düzeyi ortak bir seviyeye getirilecektir. Tüm öğrenciler jeotermal kaynaklar ve kullanımları (jeoterm 601) ve jeotermal enerji teknolojisi (jeoterm 601) olmak üzere zorunlu iki yazılı ödev yazmak zorundadırlar. Bu ödevler mühendislik öğrencileri yer bilimlerini (jeoloji, jeokimya, jeofizik), yerbilim insanları da mühendislik temellerini (termodinamik, sıvı mekaniği, ısı transferi) daha çok öğrendikleri zaman yazılmaktadır. Bu çalışma aynı zamanda bir süredir üniversite/akademik yaşamdan uzak olan öğrenciler için bir tazelenme de olmaktadır.

Kursun ikinci kısmında, öğrenciler ya jeotermal mühendislik (jeoterm 620) ya da jeotermal keşif/sondaj (jeoterm 603) alma seçeneğine sahiptir. Sonra derste öğrendikleri bilgiyi pratiğe dökerek endüstri bazlı bir proje (jeoterm 689) uygulamaktadırlar.

Jeotermal veya jeolojik ilgi sahaları ve jeotermal şirketlerin ziyaret edildiği birçok günlük saha gezisi vardır. Saha gezileri teorinin pratikle birleşmesini, sağlamaşmasını sağlar. Öğrenciler ayrıca bu gezilerde uzmanlardan jeotermal endüstri konusunda dersler alırlar.

Kursun sonunda öğrenciler beş farklı jeotermal güç santralini, üç jeotermal sondaj kulesini, dört buhar sahasını, sekiz doğrudan kullanımlı jeotermal enerji tesisini, beş farklı jeotermal sistemini ziyaret etmiş ve endüstriden gelen jeotermal uzmanlardan 12 ders almış olacaklardır.

Yüksek lisans sertifika programının başarısı ve Yeni Zelanda jeotermal endüstrisinin güçlü desteği, Yeni Zelanda hükümeti Dış İlişkiler ve Ticaret Bakanlığının 2011'de Yeni Zelanda Devlet Yardım programının bir parçası olarak yeniden bir burs programı başlatmasına neden oldu. Bu burslar çok iyi karşılanmıştır. Ancak Yüksek Lisans diploma programından ve Jeoloji Enstitüsünün 2002'de devrinden dersler alınmıştır. Bu nedenle Yüksek Lisans sertifika programının tamamıyla burslara dayalı olmamasını sağlamak çok önemlidir. Kursun sürdürülebilirliğini sağlamak sürekli kendi kendini fonlayabilen öğrencileri Yüksek Lisans Sertifika Programına cezbetmekle mümkündür.



Son yıllarda öğrencilerin kayıt eğilimlerinde önemli değişiklikler olmuştur. Bazı farklı jeotermal yazılı ödev/modüllere devam eden öğrenciler nispeten artarken, bütün Yüksek Lisans Sertifika programını tamamlayan öğrenci sayısı azalmıştır (Şekil 3). Bunun sebebi de fakülte içi Enerji Yüksek Lisans programındaki öğrenciler jeotermal yazılı ödev dersi kredilerini kendi programlarına taşıyabildikleri için yoğun ilgi duymaktadırlar. Enerji YL programından gelen öğrenciler jeotermal konusunda altı aylık araştırma projesi de yapmaktadırlar.

TARTIŞMA

Yeni Zelanda elektrik talebinin azalmasına bağlı olarak jeotermal enerjide yavaş bir büyüme yaşamaktadır. Ancak, devletin 2035 itibariyle %100 yenilenebilir enerji üretimi politikası nedeniyle konvansiyonel termal santraller aşamalı olarak azalacak ve yerini esas olarak jeotermal güç alacaktır.

Son zamanlarda, birçok merkezi ayırıcı sistemli buhar santralinde büyük nem ve mineral çökeltisinin buhar türbinlerine ve nozullarına tahribatı gözlenmiştir. Bu taşınmanın sebebiyle ilgili geniş araştırma büyük ayırıcıların ayırma verimliliğinin düşük olduğunu göstermiştir ve ayırıcı ile türbin arasındaki buhar borularının kısa olması sebebiyle taşınan damlacıkların boruların dibine çökmesini sağlayacak yeteri kadar zaman kalmamaktadır. Bunun göstergesi olarak var olan santrallerin tadili/iyileştirmesine çok az yer kalmaktadır, bir de buhar santralleri teknolojisinin sınırlamaları gelecekte daha fazla çift çevrimli kurulumlar yapılmasına yol açmaktadır.

1970'lerden beri çeşitli sürelerle devam eden birçok yüksek lisans düzeyinde (İngilizce öğretimi olan) uluslararası jeotermal dersler vardır. Maalesef tarih, dünyada dış fonları durdurulduğu için sonlanan birçok jeotermal derse şahit olmuştur (İtalya, Japonya ve Yeni Zelanda). Bu da bize jeotermal ders programlarının kendine yeter olmadığını ve temel olarak dış fonlara bağımlı olduklarını göstermektedir.

Yeni Yüksek Lisans Sertifika programı geçmişteki benzer programların karşılaştığı zorluklar göz önünde bulundurularak jeotermal enerji eğitim ihtiyaçlarına göre hazırlanmıştır. Sürdürülebilir bir jeotermal Yüksek Lisans programı sınıf ve saha çalışması ve güçlü bir disiplinler arası odak göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır. Program ayrıca öğrencilerin taleplerine göre değiştirilecek şekilde olmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Zarrouk, S.J. and Purnanto, M.H., "Geothermal steam-water separators: Design overview" . Geothermics, Vol 53, 236-254, 2015.
- [2] Arifine, B.N., Zarrouk, S.J., "Moisture Removal System in Geothermal Steam Plants". Proceedings the 37th New Zealand Geothermal Workshop. Taupo, New Zealand, 2015.
- [3] Rizaldy, R., Zarrouk, S.J., Morris, C. "Liquid Carryover in Geothermal Steam-Water Separators". 38th New Zealand Geothermal Workshop. Auckland, New Zealand 2016.
- [4] Zarrouk, S.J., "Postgraduate Geothermal Energy Education Worldwide and the New Zealand Experience", Geothermics. Vol. 70 173-180, 2017.



ÖZGEÇMİŞ

Sadiq J. ZARROUK

Yeni Zelanda, Auckland Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Bölümünde Jeotermal Enerji teknolojilerinde Yüksek Lisans Sertifika programı kurs koordinatörü ve jeotermal Mühendislik kıdemli öğretim görevlisidir.

2007'de, 2002'de durdurulmuş olan jeotermal eğitim programının yeniden başlatılmasında etkili olmuştur. Dr. Zarrouk dünyada birçok enstitü ve üniversite ile devam eden işbirlikleri ile beraber jeotermal alanda uygulamalı bir yaklaşımı vardır. Dergilerde 130 dan fazla yayını, konferans bildirileri, iki patenti ve iki kitabı vardır. Dr Zarrouk 2006 dan beri Yeni Zelanda Jeotermal Çalıştayı'nın düzenleme komitesi üyesidir. Jeotermal ve rezervuar mühendisliği ticari alanında 22 yıllık ilgisi vardır. Yeni Zelanda, Avustralya, Endonezya, Malezya, Filipinler, Belçika ve Kuzey Amerika'da 35 den fazla jeotermal sahada çalışmıştır. Görevleri arasında kaynak değerlendirmesi, kuyu hedefleme, kuyu test analizi ve rezervuar modelleme vardır. Ayrıca bir çok durum tespiti projelerine katılmıştır, saha gelişiminin mühendislik yönleri (buhar alanı ekipmanı, akış ölçümleri, iki fazlı akış, güç santrali tasarımı, ölçümler, korozyon ve doğrudan kullanım) alanlarında durum tespiti yapmıştır. Ayrıca bilir kişilik yapmıştır. 2011'de Yeni Zelanda Jeotermal Derneğinin , 2013'de Uluslararası Jeotermal Derneği'nin yönetim kurul üyesi olarak seçilmiştir ve her iki organizasyonda da etkin kurul üyesi olmaya devam etmektedir.



THE NEW ZEALAND GEOTHERMAL ENERGY STORY: CHALLENGES AND SOLUTIONS

Yeni Zelanda'nın Jeotermal Enerji Tarihi: Zorluklar ve Çözümler

Sadiq J. ZARROUK

ABSTRACT

The use of geothermal energy in New Zealand dates back to pre-European settlement, as it has always been part of the life and the culture of the Mouri people of New Zealand. Largescale industrial use of geothermal energy started with the development of the power generation from two-phase geothermal fluid in Wairakei and Kawarau, which started in 1950.

This work outlines some of the resent challenges in power plant design; first covering technical issues with centralized separation and moisture removal system, which has resulted in mineral scaling and moisture damage in the turbine. Where some of the recent findings are presented and the solutions that was implemented.

Then we discuss the history of geothermal energy technology training in New Zealand, the lessons learned from the past Postgraduate Diploma program (1979-2002) and the implementation, challenges and future directions of the current Postgraduate Certificate course (2007-now).

Key Words: New Zealand; Separator, Moisture damage, Geothermal energy education, PGCert.

ÖZET

Yeni Zelanda'da jeotermal enerjinin kullanımı, her zaman Yeni Zelanda'daki Mouri halkının yaşam ve kültürünün bir parçası olduğu için Avrupa öncesi yerleşime dayanmaktadır. Jeotermal enerjinin büyük ölçekli endüstriyel kullanımı, 1950 yılında başlayan Wairakei ve Kawarau'daki iki fazlı jeotermal akışkandan elektrik üretiminin gelişmesiyle başladı.

Bu çalışmada, enerji santrali tasarımında ortaya çıkan bazı zorlukların ana hatları çözümlenmektedir: Önce türbin içinde mineral ölçeklendirmesi ve nem hasarı ile sonuçlanan merkezi ayırıştırma ve nem giderme sistemi ile ilgili teknik sorunlar ve son bulgulardan bazılarının sunulduğu ve uygulandığı çözümler incelenmektedir.

Ardından Yeni Zelanda'daki jeotermal enerji teknolojisi eğitiminin tarihini, önceki Lisansüstü Diploma programından (1979-2002) öğrenilen dersleri ve mevcut Lisansüstü Sertifika kursunun (2007-şimdi) uygulanmasını, zorluklarını ve gelecekteki yönleri tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yeni Zelanda; Ayırıcı, Nem hasarı, Jeotermal enerji eğitimi, PGCert.

1. INTRODUCTION

New Zealand has been in a period of consolidation in the geothermal electricity sector over the last 5 years (since 2015) following a period of rapid growth in the utilization of geothermal energy in the prior 2005-2015 years. Two small power plants are in the process of being constructed or recently commissioned. At Ngawha a 25 MWe plant is in the early construction phase and at Kawerau the 25

MWe Te Ahi O Maui plant was commissioned in September 2018. There is in total just over 1000 MWe of installed geothermal electricity generation capacity, which is typically contributing about 18% of national electricity in an electricity system dominated by renewable generation. New Zealand currently produces about 80% of its electricity from renewable sources and the new Labour-led coalition government is strategically targeting 100% renewable generation by 2035, and is introducing a Carbon Zero Bill in 2019. New Zealand's geothermal resources will have a key part to play as the country moves to this new future. There is a developing emphasis on the direct use of geothermal energy. New Zealand also have strategies and implementation activities that are both increasing employment in direct use geothermal businesses and fostering increased utilisation of geothermal energy directly. The Taupo Volcanic Zone (TVZ) is the area that is the focus of this activity currently. There has also been activity in the geothermal heat pump sector with a number of commercial facilities using aquifer energy systems now operational in Christchurch as part of the rebuilding activity that has occurred post the 2011 Christchurch earthquake. New Zealand is entering a growth period in direct geothermal heat use, including geothermal heat pumps. New Zealand has always been at the cutting edge of geothermal technology and education..

2. MOISTURE REMOVAL SYSTEMS IN GEOTHERMAL POWER PLANTS

Geothermal steam-water separator is an essential component used in most types of geothermal power plants. However, it has been established that they are not 100% efficient [1]. This will result in liquid carry over into the geothermal steam lines, which can reach the turbines if not properly removed. In addition to the liquid carryover, there will be steam condensates forming inside the pipeline due to loss of heat (thermal power) through the insulated pipeline.

Since low and semi volatile contaminants dissolves in liquid, any water entrainment could cause severe damage to the turbine blades, casing and nozzles leading to reduction in turbine's performance, large maintenance cost and possibly turbine shaft replacement. The combined carryover and the steam condensates is discharged from the steam pipeline using steam traps located along the steam pipeline in the form of drain pot in a process known as scrubbing. Therefore, the steam condensates while not desired do help in scrubbing the steam from any minerals it carries in long steam lines. At the same time, there are dedicated moisture removal devices located near the turbine house providing the last point of defense (Figure 1).

Using small individual wellhead separators will result in longer scrubbing lines that will allow the carried over droplets to settle down at the bottom of the pipe. This will help achieve the desired high purity steam with a quality of $\geq 99\%$ at the turbine inlet.

More than 60 years of field-experience at Wairaei, New Zealand has demonstrated that multiple small diameter long pipelines ensures both high purity and quality steam to the turbines. However, recent steam-field design practices that focus on efficiency, reducing pressure losses and low construction cost meant using large centralized separation plants located near the power station. This is pushing the known separator performance design limits, more moisture carried over, shorted scrubbing lines with large diameters. Resulting in less time for steam pipeline scrubbing and more moisture and minerals reaching the turbines.

Recent field experience has shown that both types (vertical and horizontal) separator design struggle with the problem of moisture and mineral carry over should these separators are located close to the power plant. When faced with this problem, the steam field operators will have limited options to resolve the issue through retrofitting. Hence, it is critical to get the conceptual design correct before construction.

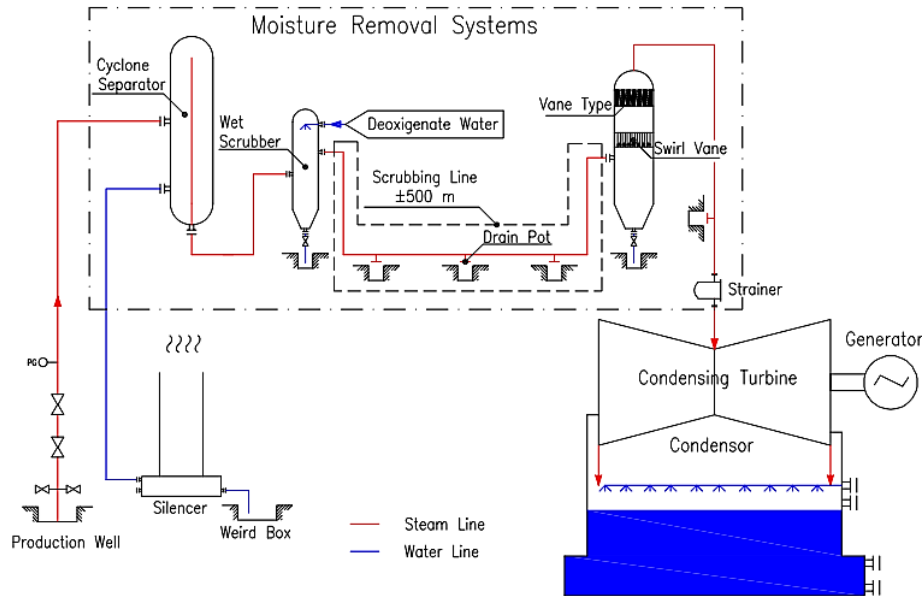


Figure 1: Optimum configuration of the moisture removal system [2].

For the New Zealand designed vertical separators, recent field-based tracer testing of large the large 17 m high and 3 m diameter separators at the Te-Mihi power plant in Wairakei have shown that wall flow of a liquid film layer on the outer walls of the separator vessel (Figure 2) is the main contributor to liquid (droplet) carryover [1, 3]. The wall flow is delayed by few hours therefore tracer testing needs to run for several hours to measure this effect.

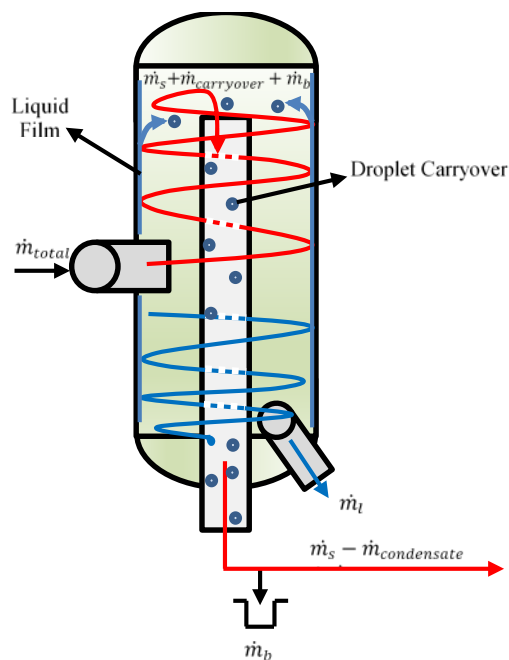


Figure 2. Simplified Flow Mechanism inside a Vertical bottom outlet separator, showing the wall flow effect [3].

Rizaldy and Zarrouk [3] showed that the wall flow is a function of the steam velocity inside the separator. Since the carried over droplets can be very small and will not all fall inside the first drain pot after the separator. The main implication of these results is that current method used to calculate the separator efficiency is not correct, it often overestimate the separator efficiency.



The best design practice is to keep the separator >400-500 meters from the power plant with wet scrubbing immediately after the separator allowing steam line scrubbing while having a final online scrubber or a demister at the power plant [2].

The recent bad experience with moisture damage at several power plants in New Zealand and Indonesia has brought to the attention the limitation of geothermal flash and steam plants. It is my feeling that the future of steam power plants is limited and “most” future power plants in New Zealand and other parts of the world are likely to be binary plants.

3. GEOTHERMAL ENERGY EDUCATION

Geothermal energy training is a very specialised area with few established postgraduate (PG) courses available worldwide .

The Geothermal Institute (GI) at the University of Auckland ran a very successful year-long post graduate diploma (PGDip) in geothermal energy technology from 1979 to 2002 [4]. The GI had 1300 alumni from more than 50 countries most of whom are now in senior positions in their home countries. They still maintain a close relation with the New Zealand geothermal industry (providing links and potential contracts). The GI also trained most New Zealand geothermal experts and kept New Zealand at the forefront of geothermal research, knowledge and practice worldwide.

Geothermal energy training is very important for supporting New Zealand’s local and technology export industries. New Zealand has a wealth of geothermal natural resources and expertise. The geothermal systems are valued both for their natural beauty, direct use applications and for power generation. New Zealand currently generates around 80% of its electricity from renewable resources, including about 18% from geothermal energy. Most of the high temperature geothermal systems are located in the central North Island, a three hour drive from Auckland, New Zealand’s largest city.

Unfortunately support from the New Zealand government for the PGDip course was withdrawn at the end of 2002. This was despite the growing concern among professionals in the geothermal industry over the loss of momentum in geothermal research and training in New Zealand, and a potential shortage of geothermal professionals [4].

The GI was fully funded by the United Nations from 1978 and later by the New Zealand government up to 2002. It had seven fulltime academic staff (three in geothermal engineering and four geoscientists) plus three administration staff (manager, secretary and technician) and ran the one-year (two-semesters) PGDip with an average of 25-30 students/year. There were also several Masters and PhD students undertaking geothermal research in both earth science and engineering.

Most (>85%) of the students attending the course were funded by New Zealand government scholarships. The income from the student enrolment could not support the continuation of running the PGDip course. Therefore, in 2003 when the New Zealand government stopped funding the scholarship program and the staff salaries, the course was abandoned by the university and most of the academic staff were made redundant. The fate of the GI is not different from that of the geothermal courses at Pisa, Italy and Kyushu, Japan (Table 1), where the courses were also fully reliant on government/external funding or a scholarship programmes. Similar outcome was report at the geothermal taring programme in University of Nevada (2011-2013) over a shorter timeframe [4]. This can serve as an example for similar programmes because as governments change their education funding or aid programs, it puts academic courses at risk. With that in mind, when restarting the new post graduate certificate (PGCert) in geothermal energy technology in 2007 significant emphasis was given to making the course self-sustaining.

Table 1. History of post graduate geothermal programmes around the world [4].

Institution	Country	Year Started	Year Stopped	Duration (months)	Funding support
International Institute for Geothermal Research, CRN in Pisa,	Italy	1970	1985	9	United Nations Development Program (UNDP). UNESCO
		1985	1992	8	
Kyushu University	Japan	1970 2016	2001 Continuing	2 – 4 6	The government of Japan (JICA)
Auckland University	New Zealand	1978	2002	9	UNDP and MFAT Scholarships (varying number over the years) Employer-funded students Self-supported students
		2007	Continuing	4	
UNU-GTP Reykjavik	Iceland	1979	Continuing	6	The government of Iceland and UNU (until 2007) Employer-funded students

3.1 The geothermal PGCert (2007 till now)

In 2007 the one-semester (60 points) PGCert course was started with initiative from the academic staff of the Department of Engineering Science with the help of three scholarships (for two years) from Contact Energy Ltd. and one from MBCentury Ltd. These scholarships helped restart the course with student numbers increasing each year as shown in Figure 3.

Figure 3 shows the increase in student numbers since 2007. Note the anomalous increase in domestic student numbers in 2009. This was due to an influx of New Zealand and Australian students as a result of the financial problems and poor employment prospects in late 2008.

Understanding the challenges of running the course and the lessons learned from the GI PGDip helped us to structure the PGCert course to ensure sustainability with minimum risk:

The course was reduced to a one-semester (19 week) course, which made it easier and cheaper for employers to send their staff to New Zealand.

The course was divided into separate blocks of about six weeks. This meant that students can do the PGCert over two years in six week long blocks plus a one month short project. This was very attractive to some company-sponsored students.

For the first four years, the course was run by two part time (50 %) academic staff. Currently one full time academic staff (the author) runs the course, with most other lecturers either donating their time or on short-term contracts.

In the first three years of running the PGCert course some of the papers were used as open entry short courses (see Figure 3). This was aimed at increasing student numbers and improving the course finances. This proved to be not a good idea as some students doing a short course with no means of assessment at the end did not take the course as seriously as student doing an academic course. Also having students joining the course half way through the program can disturb the harmony of the class.

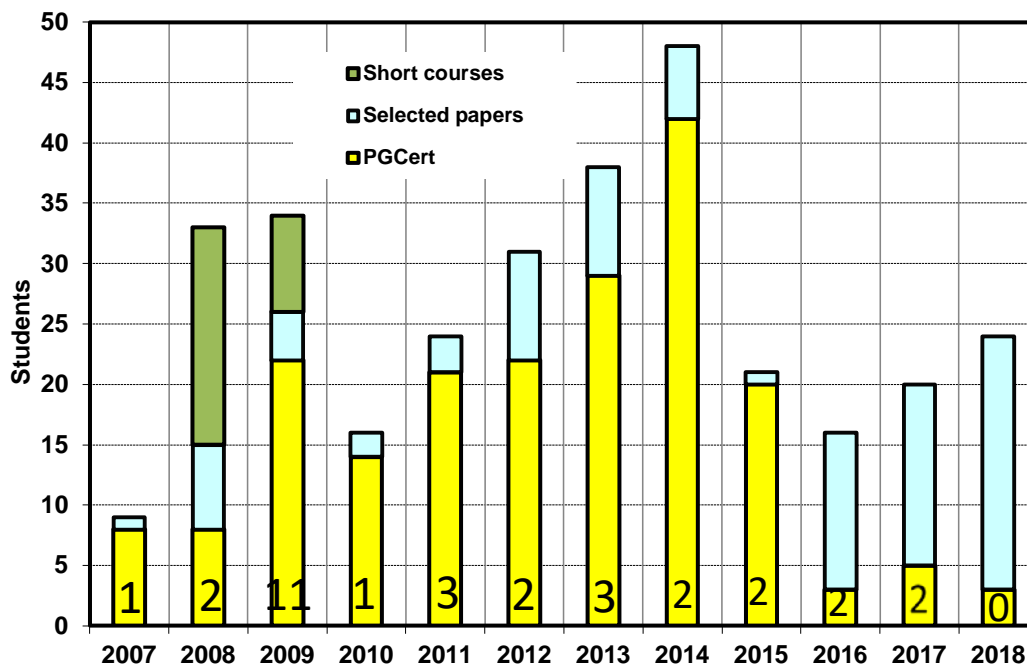


Figure 3. Annual number of student's enrolment in the PGCert, selected papers and short courses
The numbers within the yellow bar indicates the number of domestic students attending the full PGCert course each year.

The PGCert program is mainly aimed at training engineering and science graduates for work in the geothermal industry. This involves the use of a proven technology in a mature and well-established industry and the students are directed to the relevant literature. However, most of the course material is provided for the students to save time due to the block structure of the course and to avoid some of the confusing information found on the internet and in some of the literature.

The teaching has a strong research base and many of the student projects are published in journals and conference proceedings and are available as a resource for future students. The projects are all industry focused and are concerned with how to develop and improve current exploration and utilisation techniques. The course is also popular with Masters and PhD students undertaking research in all aspects of geothermal energy. The PGCert graduates are highly sought after by the geothermal industry both in New Zealand and overseas.

The PGCert course is very lecture intensive with 4 hours of lectures and 2 hours of tutorials every day. It also involves several field trips which are highlights of the course. The course is demanding as students only take one week off during the mid-semester break and have to do field work during some of the weekends.

The students are mostly (> 85%) international students from different academic backgrounds (science or engineering), age (22 to 62 years old), ethnic and gender diversity (Figure 4). This diversity requires great effort to develop positive relationships (trust) with mutual respect between the lecturers and the students.

Given the diversity of student backgrounds, the first two weeks of the course are dedicated to the principles of geothermal energy, aiming to bridge the knowledge gap and to bring the students to a common level of knowledge. All students do two compulsory papers, geothermal resources and their use (GEOTHERM 601) and geothermal energy technology (GEOTHERM 601). This is when the engineers learn more about earth science (geology, geochemistry, geophysics) while the earth scientists learn the engineering fundamentals (thermodynamics, fluid mechanics, heat transfer). This also serves as a refresher for returning students who have been away from university/academia for some time.

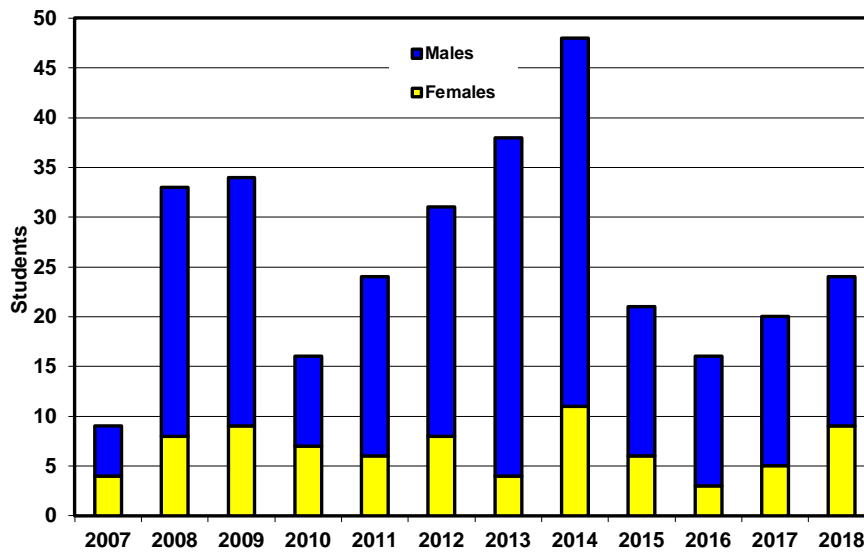


Figure 4. Gender distribution in the PG Cert course (2007-2018).

In the second part of the course, the students have the option to learn more about either geothermal engineering (GEOTHERM 620) or geothermal exploration (GEOTHERM 603). The students then carry out an industry-based project (GEOTHERM 689) to apply, in a practical setting, the knowledge they have gained through course work.

There are also several day trips to visit geothermal companies and sites of geological or geothermal interest. The field trips help to cement the theory with practice. The students also receive several lectures from experts in the geothermal industry during the field trips.

By the end of the course, the students have been through five different geothermal power stations, three geothermal drilling rig sites, four steam fields, eight direct use geothermal energy developments, five different geothermal systems and have had twelve lectures from geothermal experts in the industry.

The success of the PG Cert course and the strong support from the New Zealand geothermal industry prompted the Ministry of Foreign Affairs and Trade (MFAT) New Zealand government to re-establish a scholarship programme in 2011 as part of New Zealand government aid (NZ AID) programme. These scholarships are very welcomed. However, lessons have been learnt from the PG Dip course and the demise of the GI in 2002. Therefore, it is important to make sure that the PG Cert course is not fully reliant on scholarships. This is done by attracting a constant stream of self-funded students to the PG Cert to insure the course sustainability.

In recent years, there has been significant changes in student's enrolment trends. While the number of students attending the different geothermal papers/modules has been relatively increasing, the number of students completing the full PG Cert degree has declined (Figure 3). This is related to the strong interest in the interfaculty Master of Energy (taught) program where students carry the credit from doing the geothermal papers toward this degree. Students from the Master of Energy program also carry six months research project on geothermal topic.

DISCUSSION

New Zealand is experiencing a slow growth in geothermal energy due to the lack of demand for electricity. However, the government policy of achieving 100% renewable power generation by 2035 will result in the phasing out of conventional thermal plants, which will be, replaced mainly by geothermal power.



Recent experience at several steam power plants with centralised separation system have witnessed major moisture and mineral precipitation damage to the steam turbines and their nozzles. Extensive investigations into the cause of this carry over showed that it is related to the low separation efficiency of large separators and because of having short steam lines between the separator and the turbine, which do not allow enough time for the carried over droplets to settle to the bottom of the pipe. The implications of this is limited room for retrofitting existing plants this has also showed the limitation of steam plants technology giving way to more binary plant installations in the future.

Since the 1970's there have been several international (taught in English) postgraduate level taught geothermal courses which have continued for varying length of time. Unfortunately, history has witnessed the end of several geothermal courses around the world when their external funding stopped (Italy, Japan and New Zealand). This indicates that these geothermal courses are not self-sustained and are mainly reliant on external funding.

The new PGCert course created in response to the need for geothermal energy training while recognising the challenges faced by similar courses in the past. We argued that a sustainable geothermal PGCert course must be designed with a strong cross-disciplinary focus and a balance between class work and fieldwork. The course should also be adaptive to changes in student demand.

REFERENCES

- [1] Zarrouk, S.J. and Purnanto, M.H., "Geothermal steam-water separators: Design overview" . Geothermics, Vol 53, 236-254, 2015.
- [2] Arifine, B.N., Zarrouk, S.J., "Moisture Removal System in Geothermal Steam Plants". Proceedings the 37th New Zealand Geothermal Workshop. Taupo, New Zealand, 2015.
- [3] Rizaldy, R., Zarrouk, S.J., Morris, C. "Liquid Carryover in Geothermal Steam-Water Separators". 38th New Zealand Geothermal Workshop. Auckland, New Zealand 2016.
- [4] Zarrouk, S.J., "Postgraduate Geothermal Energy Education Worldwide and the New Zealand Experience", Geothermics. Vol. 70 173-180, 2017.

CURRICULUM VITAE

Sadiq J. ZARROUK

Senior Lecturer of Geothermal Engineering and the course coordinator for the Postgraduate Certificate in Geothermal Energy Technology course at the Department of Engineering Science, The University of Auckland, New Zealand. In 2007, he was instrumental in the restart of the geothermal training programme, stopped in 2002. Dr. Zarrouk has an applied approach to geothermal research with on-going collaboration with several universities and research institutions worldwide. He has more than 130 publications in journals and conference proceedings, two patents and two books. Dr. Zarrouk is a member of the organising committee of the New Zealand Geothermal Workshop since 2006. He has passion for geothermal energy with an extensive 22 years commercial field experience in geothermal and reservoir engineering. He has worked on more than 35 geothermal fields in New Zealand, Australia, Indonesia, Malaysia, Philippines, Belgium and North America. His roles involved the assessment of the resource, well targeting, well test analysis and reservoir modelling. He also participated in several due diligence projects, his role also included all the engineering aspects of the field development (steam field equipment, flow measurements, two-phase flow, power stations design, scaling, corrosion and direct use). Dr. Zarrouk has also provided expert evidence on several occasions. He was elected into the boards of directors of the New Zealand Geothermal Association in 2011 and the International Geothermal Association (IGA) in 2013, and continues to be an active board member of both organisations.