



Süreç Odaklı Rehberli Sorgulamayla Öğrenmenin Motivasyon ve Mantıksal Düşünme Becerilerine Etkisi *

Leman ALAKOYUN¹ ve Özgecan TAŞTAN KIRIK²

• **Geliş Tarihi:** 04.08.2022 • **Kabul Tarihi:** 09.05.2023 • **Yayın Tarihi:** 05.09.2023

Öz

Bu çalışmada yarı-deneysel desenlerden eşitlenmemiş kontrol gruplu desen kullanılarak, Süreç Odaklı Rehberli Sorgulamayla Öğrenmenin (POGIL®) yedinci sınıf öğrencilerinin fen bilimleri dersindeki motivasyonlarına ve mantıksal düşünme becerilerine etkisi araştırılmıştır. Araştırmaya kontrol grubundan 28 ve deney grubundan 27 olmak üzere toplam 55 öğrenci katılmıştır. Katılımcılar uygun örnekleme yöntemi ile belirlenmiştir. Kontrol grubunda Saf Madde ve Karışımlar ünitesi, öğrenciler arası etkileşimin sınırlı olduğu süregelen öğretim yöntemi ile öğretilirken deney grubunda POGIL ile öğretilmiştir. Katılımcıların mantıksal düşünme becerilerini ölçmek için Mantıksal Düşünme Grup Testi ve fen bilimleri dersine yönelik motivasyonlarını ölçmede ise Öğrenmede Güdüsel Stratejiler Ölçeği'nin Motivasyon Ölçeği ön test ve son test olarak uygulanmıştır. Bulgulara göre uygulamanın sonunda POGIL grubunun, süregelen öğretim yöntemlerinin uygulandığı gruba kıyasla motivasyon ve mantıksal düşünme becerisi puanları anlamlı düzeyde daha yüksektir. Sonuç olarak POGIL'in Saf Madde ve Karışımlar ünitesini öğretmede ortaokul öğrencilerinin motivasyon ve mantıksal düşünme becerilerini geliştiren etkili bir strateji olduğu söylenebilir.

Anahtar sözcükler: süreç odaklı rehberli sorgulamayla öğrenme (POGIL), maddenin tanecikli yapısı, mantıksal düşünme becerileri, motivasyon, ortaokul öğrencileri

* Bu araştırma ilk yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Ayrıca çalışmanın bir bölümü 12-14 Nisan 2019'da İzmir'de düzenlenen Uluslararası Fen, Matematik, Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Kongresi (FMGT)'nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur. Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiş [SYL-2018-11246] ve 19.11.2020'de tamamlanmıştır.

¹ Öğretmen, Haktanır Ortaokulu, ORCID: 0000-0001-9454-3038, lemanalakyn@gmail.com

² Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, ORCID: 0000-0001-8262-5458, ozge.deniz@gmail.com

Atıf:

Alakoyun, L. ve Taştan Kırık, Ö. (2023). Süreç odaklı rehberli sorgulamayla öğrenmenin motivasyon ve mantıksal düşünme becerilerine etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 59, 284-303. <https://doi.org/10.9779.pauefd.1156446>

Giriş

Son 50 yılda, dünyada bulunan önemli eğitim politika örgütleri fen kavramlarının öğretilmesinde sorgulamaya dayalı süreçlerin kullanılmasının gerekliliğine ve dolayısıyla bilimsel akıl yürütmenin önemine dikkat çekmektedir (National Research Council [NRC], 2012; Organisation for Economic Co-Operation and Development [OECD], 2016). Araştırmalar, sorgulamaya dayalı öğrenmelerin problem çözme becerilerinin geliştirilmesinde (Hmelo-Silver vd., 2007) ve içsel motivasyonu arttırmada (Albanese ve Mitchell, 1993) etkili olduğunu göstermiştir. Sorgulamaya dayalı öğrenmelerde öncelik öğrencilerin kendi bilimsel hipotezlerini üretmeleridir (Rushton vd., 2011). Fakat birçok öğrenci hipotezlerin nasıl ifade edileceğini, bilimsel açıdan hangi öğelere ve hangi bilimsel verilere odaklanmaları gerektiğini bilmemektedirler (De Jong ve Van Joolingen, 1998). Ayrıca, öğrencilerin mantıksal düşünme becerileri genellikle istenilen düzeyin altındadır. (Hogan ve Maglienti, 2001). Bu problemlerden yola çıkarak karmaşık öğrenim süreçlerinde öğrencilere rehberlik etmek ve problem çözmede başarılı olmalarına yardımcı olmak için sorgulamaya dayalı öğrenmeleri desteklemeye büyük bir ihtiyaç vardır (Kirschner vd., 2006). Çünkü sorgulama yolları ve standartları kullanılarak soru, problemler ve sorunların sorgulanması yoluyla yeni bilgi, yetenek ve tutumların kazanılması teşvik edilir (Hogan ve Maglienti, 2001).

Sorgulamaya dayalı öğrenme ortamında rehberlik derecesi öğrenci öğrenmesini etkileyen önemli bir faktördür (Stender vd., 2018). Birçok çalışma, rehberli sorgulamaya dayalı öğrenmenin, öğrencilerin yetişkin olarak yaşamlarına hazırlanmasına yardımcı olacak uygulama becerilerini geliştirmek de dahil olmak üzere olumlu öğrenme çıktılarının oluşmasını sağladığını göstermektedir. (Pedaste vd., 2015; Rönnebeck vd., 2016). Carolan ve diğerleri (2014) tarafından yapılan bir meta-analiz, sorgulamaya dayalı öğrenme sürecinde yeterli rehberlik alan öğrencilerin, aynı içeriğin daha az rehberlikle öğretildiği öğrencilere göre daha fazla öğrendiğini ($g= 0,15$) ortaya koymuştur. Yapılandırılmış veya rehberli sorgulama sırasında öğrencilere bilimsel süreçlerle ilgili açıklamalar sunmak, öğrencilerin araştırılan kavramsal içerik hakkında yeterli bir anlayış oluşturmaları için önemli bir adım olabilir (Lazonder ve Harmsen, 2016). Süreç Odaklı Rehberli Sorgulamayla Öğrenme (POGIL®), öğrenme takımlarını, anlamayı artırmak için rehberli sorgulama etkinliklerini, eleştirel ve analitik düşünmeyi teşvik eden soruları, problem çözme, raporlamayı, üstbilişi ve bireysel sorumluluğu kullanır. Bu yedi bileşen, süreç becerilerini geliştirmek ve disiplin içeriğine hakim olmak için kullanılan araçlardır (Hanson, 2006).

Bilimsel akıl yürütme becerileri, sorgulamaya dayalı öğrenme faaliyetleri yoluyla yeni bilgiler üretmek için oldukça önemlidir. Bilimsel akıl yürütme, "kavramsal değişim ya da bilimsel anlayışa hizmet eden sorgulama, deney yapma, kanıt değerlendirme ve çıkarımda bulunma becerilerini" içerir (Zimmerman, 2007, s. 172). Bilimsel akıl yürütme, hipotez için destekleyici veya çürütücü kanıtlar aramayı, ilk fikirleri gözden geçirmeyi, yeni bir anlayış geliştirmeyi ve alternatif hipotezleri düşünmeyi gerektirir (Zeineddin ve Abd-El-Khalick, 2010). Mantıksal düşünme, bireyin bir problemle karşılaştığında kullandığı zihinsel işlemlerdir (Karplus, 1977). Mantıksal düşünme 'değişkenleri kontrol etme', 'orantısal akıl yürütme', 'olasılıklı akıl yürütme', 'ilişkisel akıl yürütme' ve 'bütünsel akıl yürütme' gibi becerileri içerisinde barındırır (Bunce ve Hutchinson, 1993; Valanides, 1996). Mantıksal düşünme düzeyi, bir bireyin bilişsel gelişim düzeyi hakkında bize bilgi verir. Üst düzey düşünme becerilerinin ortaya çıkması için etkili iletişim ve mantıksal düşünmeyi birlikte kullanmak gerekir ve öğrencilere böyle öğrenmeler gerçekleştirecekleri etkili sınıf ortamlarında yardım edilmelidir (Rojas-Drummond ve Mercer, 2003).

Çalışmalar sorgulamaya dayalı sınıfların mantıksal düşünme ve bilimsel akıl yürütme becerilerinin gelişimini desteklediğini göstermiştir (Schlatter vd., 2022). İşbirlikli öğrenme ile bir sorgulamaya dayalı öğretim modeli olan öğrenme döngüsünün bütünleştirilmesinden oluşan POGIL sınıflarında öğrenciler aktif olarak bilgi elde etme çalışmalarına katılarak, bu bilgiyi işlemek ve mevcut zihinsel yapılarının bağlamına uydurmak için üst düzey düşünme becerilerini kullanırlar (Douglas, 2013). Buradan hareketle POGIL'in mantıksal düşünme becerilerini geliştirebileceği düşünülebilir. Buna rağmen POGIL'in mantıksal düşünme becerileri üzerine etkisine odaklanan az sayıda çalışma bulunmaktadır (Adriani vd., 2019; Zraggen, 2018). Diğer yandan mantıksal düşünme becerileriyle ilişkili olarak, lise ve üniversite düzeyinde, POGIL'in eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcı düşünme, analitik düşünme ve bilimsel süreç becerilerini geliştirdiğini gösteren araştırmalar vardır (Artuz ve Roble, 2021; Hanib vd., 2017; Irwanto vd., 2018; Rosadi vd., 2018; Sharma, 2022). Bu kanıtlar ışığında, ortaokul öğrencilerine fen öğretirken POGIL kullanmanın mantıksal düşünme becerileri üzerindeki etkisini araştırmak önemli görülmektedir.

Fen derslerinin okul hayatının önemli bir kısmını kaplıyor olmasına rağmen, fen konularının zorluğu ve kişisel alakadan yoksun olması nedeniyle öğrencilerin fene yönelik ilgi, tutum ve motivasyonlarında lise düzeyine gidildikçe düşmeler olmaktadır (Krapp ve Prenzel, 2011). Öğrenciler öğretmen merkezli öğretim yöntemlerine maruz kaldıkça ve feni günlük yaşamlarında uygulama fırsatı bulamadıkça fene yönelik ilgi ve motivasyonlarının düşmesi kaçınılmazdır. Koballa ve Glynn (2007), fen öğretiminin yalnızca bilişsel faktörlerin incelenmesi ile açıklanamayacağını, öğrenci motivasyonunun da hesaba katılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Motivasyon, bireylerin anlamlı ve değerli olarak algıladıkları hedeflere ulaşmak için çaba sarf etmelerinin derecesi olarak tanımlanabilir. Motivasyon itici güçtür; insanları istenen sonuçlara doğru hareket ettiren bir tür enerjidir (Ashman ve Gillies, 2003). Yüksek motivasyona sahip öğrencilerin başarısı da yüksek olmaktadır (Sevinç vd., 2011).

Pintrich (1988)'e göre öğrenci motivasyonunun kavramsal temeli genel beklenti-değer modeline dayandırılmaktadır. Bu modelde motivasyonla ilgili üç bileşen bulunur: (a) Beklenti: Öğrencilerin bir görevi gerçekleştirme becerilerine yönelik inançlarıdır. Bu anlamda beklenti bileşeni, öğrencilerin "Bu görevi yapabilir miyim?" sorusuna verdikleri cevapları içermektedir. (b) Değer: Öğrencilerin görevin önemi ve göreve duyulan ilgiyle ilgili hedefleri ve inançlarıdır. Bu bileşen öğrencilerin "Bu görevi neden yapıyorum?" sorusuna verdikleri bireysel cevaplarla ilgilidir. (c) Duyuşsal bileşen: Öğrencilerin göreve olan duygusal tepkilerini içerir. Bu bileşen öğrencilerin "Bu görev hakkında ne hissediyorum?" sorusuna verdikleri cevapla ilgilidir.

Çoğunlukla lise ve üniversite öğrencilerine odaklanmakla birlikte, POGIL'in duyuşsal etkileri üzerine araştıran çalışmalar bulunmaktadır (Ham ve Myers, 2019; Şen vd., 2015; Vishnumolakala vd., 2017; Yuliastini vd., 2018). Bu çalışmalarda POGIL uygulamalarıyla öğrencilerin duygusal tatminlerinde ve dolayısıyla kimyaya yönelik tutumlarında artış olduğu belirtilmektedir. Bu artış ise takım çalışması sayesinde öğrenciler arası etkileşim ve öğrenmeye aktif katılımın artması ile açıklanmaktadır. Yuliastini ve diğerleri (2018)'e göre POGIL, öğrenme deneyimini daha ilginç ve günlük yaşamla ilişkili hale getirdiğinden öğrenci motivasyonunu arttırmaktadır. Bu çalışmada, literatürde ağırlıklı olarak lise ve üniversite öğrencilerinin, özellikle kimya dersi bağlamında duyuşsal özellikleri ve mantıksal düşünme becerileri üzerinde olumlu etkileri olduğu ortaya konulmuş olan POGIL'in, ortaokul öğrencilerine kimya kavramlarının öğretilmesi sürecindeki etkilerinin de araştırılması gerekliliğinden yola çıkarak, Saf Madde ve Karışımlar Ünitesi

bağlamında mantıksal düşünme becerileri açısından bilişsel ve motivasyon açısından duyuşsal etkileri incelenmiştir.

POGIL Nedir?

POGIL öğrenci merkezli bir öğretim stratejisi veya felsefesidir. POGIL sınıflarında veya laboratuvarlarında öğrenciler, takım arkadaşlarıyla birlikte, öğrenme döngüsüne uygun olarak özel tasarlanmış etkinlikler üzerinde çalışırlar. Bu etkinlikler, öğreticiyi bilgi kaynağı değil kolaylaştırıcı olarak gören ve kendi kendini yöneten takımların kullanımı için tasarlanmıştır.

POGIL'in üç ana bileşeni; grup öğrenmesi yoluyla öğrencilerin sürece aktif katılımı, öğrenme döngüsüne göre tasarlanmış rehberli sorgulama etkinlikleri ve süreç becerisi geliştirmeye odaklanmasıdır (Moog vd., 2006). Çok sayıda araştırma, işbirlikli öğrenme takımlarında çalışan öğrencilerin daha fazla öğrendiğini, hatırladığını, kendilerinin arkadaşlarının daha iyi hissettiklerini, konu alanına, derse ve öğretmenlere yönelik daha pozitif tutum geliştirdiğini, eleştirel düşünme becerileri ve bağımsız öğrenciler olmalarında gerekli diğer süreç becerilerini geliştirdiğini göstermiştir (Kyndt vd., 2013; Van Leeuwen ve Janssen, 2019). Öğrenme döngüsü yapılandırıcı yaklaşıma dayanan bir sorgulamaya dayalı öğretim ve öğrenme stratejisidir (Abraham, 2005). Öğrenme döngüsü keşfetme, kavram oluşturma (kavram tanıtımı) ve uygulama basamaklarından oluşur. "Keşfetme" aşamasında öğrenciler yeni materyalleri ve fikirleri keşfederken kendi eylemleri ve tepkileri yoluyla öğrenirler. POGIL sürecinde bu aşamada öğrenciler genellikle bir modelle başlar ve sorular modeldeki kalıpları görmelerine yardımcı olur. Çoğu zaman, öğrenciler hipotezleri test etmeye ya da modelde bulunan kalıpları ve ilişkileri açıklamaya yönlendirilirler. "Kavram oluşturma" aşaması bir kavram ya da ilişkinin tanıtılmasını ve keşfetme aşamasında ortaya çıkmış olan yeni terimlerin kullanılmasını içerir. Terimler öğretmen, ders kitabı, video veya başka bir araç tarafından tanıtılabilir. Kavram tanıtılmadan önce mümkün olduğunca öğrencinin tanımlaması teşvik edilmelidir. "Uygulama" aşamasında ise öğrenciler yeni terimleri ve modellerini yeni bağlamlara uygular. Oluşturulan kavramların yeni karşılaşılan durumlara uygulanabilirliği ve akıl yürütme kalıplarının uygulama aralığını genişletmek için kavram uygulaması gereklidir. (Lawson, 2001).

POGIL'in etkililiğini araştıran çalışmalar ağırlıklı olarak lise ve üniversite öğrencilerinin başarı ve kavramsal anlama düzeylerine odaklanmakla birlikte özellikle ortaokul düzeyindeki öğrenciler üzerindeki etkisinin araştırılmasının gerekliliğine dikkat çekilmektedir (Özkanbaş ve Kırık, 2020). Ortaokul düzeyinde yürütülen az sayıda çalışmanın ise fizik konularına odaklandığı görülmektedir (Gülmez Güngörmez ve Akgün, 2021; Jaspersen, 2013).

Maddenin tanecikli yapısı, kimyanın temelini oluşturan konu olarak kabul edilir (Villagonzalo, 2014). Bu konuya ilişkin kavramlar Türkiye'de ilk olarak 6. sınıf fen bilimleri dersinde öğretilmeye başlanmakta ve 7. sınıfta ise atom, molekül ve element kavramları öğretilmektedir (MEB, 2018). Amiot (2007), tanecikli yapıyı uygun şekilde anlamayan bir öğrencinin kimyadaki karmaşık kavramların anlaşılmasında büyük zorluklarla karşılaştığını vurgulamaktadır. Tanecikli yapıyı öğrenmenin önemine rağmen, öğrencilerin maddenin tanecikli yapısı ile ilgili kavram yanılgıları bulunmaktadır (Harrison ve Treagust, 2002). POGIL, kimya kavramlarını (ve özellikle de maddenin tanecikli yapısını) öğretmede etkili bulunmuştur (Özkanbaş ve Kırık, 2020; Villagonzalo, 2014). Bu teorik temelden hareketle, bu çalışmada ortaokul öğrencilerine atom, molekül ve element kavramlarının ilk kez öğretildiği Saf Madde ve Karışımlar ünitesi bağlamında POGIL uygulanmıştır. Bu bağlamda POGIL'in ortaokul öğrencilerin mantıksal düşünme becerileri ve motivasyonları üzerinde nasıl bir etkisinin olduğunu araştırmaya ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Bu

ihtiyaçlardan yola çıkarak bu çalışmanın amacı; POGIL'in, hâlihazırda uygulanmakta olan öğretim yöntemine kıyasla 7. sınıf öğrencilerinin fen dersindeki motivasyonlarına ve mantıksal düşünme becerilerine etkisini incelemektir. Bu amaç doğrultusunda araştırmaya yön veren sorular şunlardır:

1. POGIL'in 7. sınıf öğrencilerinin motivasyonlarına etkisi nedir?
2. POGIL'in 7. sınıf öğrencilerinin mantıksal düşünme becerilerine etkisi nedir?

Yöntem

Bu çalışmada yarı-deneysel desenlerden eşitlenmemiş kontrol gruplu desen kullanılmıştır. Çalışmanın bağımlı değişkenleri motivasyon ve mantıksal düşünme becerileri; bağımsız değişkeni ise kullanılan öğretim yöntemidir (POGIL ve halihazırda uygulanmakta olan öğretim yöntemi). Uygulama öncesi deney ve kontrol gruplarına Mantıksal Düşünme Grup Testi (MDGT) ve Öğrenmede Güdusel Stratejiler Ölçeği (ÖGSÖ) ön-test olarak uygulanmıştır. Saf Madde ve Karışımlar ünitesi öğretilmeye başlamadan önce, deney grubu öğrencilerine POGIL ve sürecin nasıl işleyeceği hakkında bilgiler verilmiştir. Altı hafta boyunca kontrol grubuna öğretim programındaki süregelen yöntemler ile deney grubuna ise POGIL ile ders işlenmiştir. Bu çalışmada, Saf Madde ve Karışımlar ünitesi kapsamında öğretilen konular “maddenin tanecikli yapısı (atomun yapısı, atom modelleri, molekül)”, “saf maddeler (element ve bileşikler)”, “karışımlar” ve “karışımların ayrılması”dır. İki grupta da dersler ilk yazar tarafından yürütülmüştür. Öğrencilerin dersi normal ders süreçlerindeki gibi ciddiyetle takip etmesini sağlamak amacıyla dersin asıl öğretmeni de sınıfta bulunmuştur ancak dersin işleyişine herhangi bir müdahalede bulunmamıştır. Uygulama sonrası her iki gruba da aynı testler sontest olarak uygulanmıştır. Çalışmanın etik kurul izni Çukurova Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Alanında Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu tarafından 04.11.2020 tarih ve 6 nolu kararı ile alınmıştır.

Katılımcılar

Çalışmada seçkisiz olmayan örnekleme yöntemlerinden uygun örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Çalışma gönüllü öğrencilerle gerçekleştirilmiştir. Tüm öğrencilerden ve velilerden bilgilendirilmiş onam alınmıştır. Çalışma verilerini sağlayan deney ve kontrol grubunu, Adana'daki bir ortaokulun iki sınıfında bulunan 12-13 yaş arası yedinci sınıf öğrencileri oluşturmuştur. Sınıflardan biri seçkisiz olarak deney grubu diğeri de kontrol grubu olarak atanmıştır. Çalışma başlangıçta deney grubunda 29, kontrol grubunda 29 kişi olmak üzere toplam 58 kişi üzerine uygulanmış fakat analizler esnasında uç değer ve eksik veriler olmasından dolayı bazı kişiler analizden çıkarılarak kişi sayısı azaltılmıştır. Analizler deney grubu 27 (14 kız ve 13 erkek), kontrol grubu 28 (14 kız ve 14 erkek) olmak üzere toplam 55 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada Kullanılan Ölçme Araçları

Öğrenmede Güdusel Stratejiler Ölçeği (ÖGSÖ)

Bu çalışmada öğrencilerin fen dersine ilişkin motivasyonlarını ölçmek üzere Pintrich ve diğerleri (1991) tarafından geliştirilen Öğrenmede Güdusel Stratejiler Ölçeği (ÖGSÖ) [Motivated Strategies for Learning Questionnaire, MSLQ] kullanılmıştır. Ölçek, “Motivasyon” ve “Öğrenme Stratejileri” olmak üzere iki boyuttan oluşmaktadır. Bu çalışmada toplam altı alt faktör ve 31 maddeden oluşan Motivasyon Ölçeği kullanılmıştır. Bu faktörler, “değer” ana bileşeninde yer alan; içsel hedef düzenleme (İHD), dışsal hedef düzenleme (DHD) ve görev değeri (GD); “beklenti” ana bileşeninde yer alan öğrenme ve performansla ilgili öz-yeterlik algısı (ÖPÖA), öğrenmeye ilişkin kontrol inancı (ÖİKİ) ve “duyuşsal” ana bileşende yer alan sınav kaygısıdır (SK). Araştırmacılar motivasyon

ölçeğinin İngilizce formu için uyum indekslerini $X^2/df = 3,49$; $GFI = 0,77$ ve $RMR = 0,07$ olarak vermiştir. Pintrich ve diğerleri (1991) uyum endekslerinin mükemmel olmamakla birlikte makul değerler olduklarını iddia etmiştir. Çünkü motivasyonla ilgili tutumlar dersin özelliklerine, öğretmenin isteklerine ve bireysel öğrenci niteliklerine göre değişiklik gösterebilmektedir. İngilizce ölçek için güvenilirlik katsayıları (Cronbach Alpha) ise İHD, DHD, GD, ÖİKİ, ÖPÖA ve SK için sırasıyla 0,74, 0,62, 0,90, 0,68, 0,93 ve 0,80 olarak verilmiştir. Ölçeği Türkçe'ye Sungur (2004) uyarlamıştır. Motivasyon Ölçeği'nin Türkçe formu için yapılan doğrulayıcı faktör analizi sonucunda bulunan uyum endeksleri $X^2/df = 5,3$, $GFI = 0,77$ ve $RMR = 0,11$ olarak verilmiştir. Güvenirlik katsayıları (Cronbach Alpha) ise İHD, DHD, GD, ÖİKİ, ÖPÖA ve SK için sırasıyla 0,73, 0,54, 0,87, 0,62, 0,89 ve 0,62'dir.

Mantıksal Düşünme Grup Testi (MDGT)

Öğrencilerin mantıksal düşünme beceri düzeylerini ölçmek için orijinali 21 sorudan oluşan ve Piaget'nin bilişsel düşünme modelini yansıtan; korunum, orantısal akıl yürütme, birleştirici akıl yürütme, olasılıksal akıl yürütme ilişkisel akıl yürütme ve değişkenleri kontrol edebilme şeklinde altı alt mantıksal düşünme muhakeme alanını ölçen, Mantıksal Düşünme Grup Testi (Group Assessment of Logical Thinking [GALT]) kullanılmıştır. Roadranga ve diğerleri (1982) tarafından geliştirilen testin, 6. sınıftan başlayıp üniversite düzeyine kadar eğitim alan öğrencilerin mantıksal düşünme yeteneklerini ölçebilecek geçerlilik ve güvenilirlik değerlerine sahip olduğu belirtilmektedir. Testin güvenilirliği (Cronbach's alpha) $\alpha=0,85$ olarak bildirilmiştir. Test, Türkçe forma Aksu ve diğerleri (1990) tarafından çevrilmiş olup, güvenilirlik değeri ITEMAN programı kullanılarak 0,88 olarak hesaplanmıştır. Testte maddeler iki aşamalı olarak, cevap ve gerekçesi şeklinde sorulmuştur. Her iki aşamayı da doğru cevaplayan "1" puan, birini veya ikisini de yanlış cevaplayan "0" puan almıştır. Yazarlar ölçeğin bir soru havuzu olarak düşünebileceğini ve zaman veya diğer sebeplerle ihtiyaç duyulması halinde, yukarıda belirtilen düşünme becerisi alanlarını temsil edecek şekilde soru sayısının 12'ye düşürülebileceğini ifade etmektedirler. Bu çalışmada da öğrencilerin buldukları sınıf düzeyi ve zaman faktörleri göz önüne alınarak testin 12 soruluk formu kullanılmıştır. 0 ile 4 arasında soruya doğru cevap verebilen öğrenci somut düşünebilme, 5 ile 7 arasında soruya doğru cevap verebilen öğrenci geçiş dönemi, 8 ile 12 arasında soruya doğru cevap verebilen öğrenci soyut düşünebilme becerisine sahip olarak değerlendirilmektedir (Roadranga, 1991).

İşlem

Kontrol Grubundaki Uygulamalar

Kontrol grubunda ders kitabı içeriği temel alınarak, süregelmekte olan öğretim süreçleri devam ettirilmiştir. Aslında Türkiye'deki ortaokul öğrencilerinin fen bilimleri dersi öğretim programı fen okuryazarı bireyler yetiştirebilmek amacı ile dört kez (2005, 2013, 2017 ve 2018'de) yapılandırıcı yaklaşıma uygun olarak revize edilmiş olsa da uygulamada dersler hala öğretmen merkezli yaklaşımlarla öğretilmektedir. Dolayısıyla istenen yenilikleri uygulamaya koymada genel bir başarısızlık yaşandığı söylenebilir (Atıla ve Sözbilir, 2016; Doğan, 2010; Hazır Bıkmaz 2006). Araştırmalar, hedeflenen fen bilimleri dersi öğretim programı ile öğretmenler tarafından uygulanan fen bilimleri dersi öğretim programı arasında uyumsuzluk olduğunu göstermektedir. Bazı araştırmalar öğretmenlerin MEB tarafından yayımlanan öğretim programlarını uygularken kendi tercihlerine ve öğrencilerin durumuna göre değiştirdiklerini ortaya koymaktadır (Bümen vd., 2014). Buna göre öğrenciler, öğrenme-öğretme sürecinde çoğunlukla aktif olmamakta ve dersler öğretmen merkezli olarak yürütülmektedir. Bunun sonucu olarak öğrenciler bilgiyi yapılandıran değil daha çok bilginin pasif alıcısı durumundadır (Atıla ve Sözbilir, 2016). Öğretmenlerin yıllık

planlarında yer alan yöntem ve materyallerle, gerçekte uygulanan öğretim arasında ciddi farklılıklar olduğu; grup çalışması gibi yöntemlerin sınıfta hiç uygulanmadığı, ağırlıklı olarak düz anlatım ve soru-cevap yöntemlerinin kullanıldığı belirtilmektedir (Öztürk, 2012).

Yukarıda belirtilen sebeplerle bu çalışmadaki kontrol grubunda, Türkiye genelinde ortaokul fen eğitiminde halihazırda uygulanmakta olan öğretim yaklaşımını yansıtan, öğretmen merkezli ve öğrenci-öğrenci etkileşiminin sınırlı olduğu sunuş yoluyla öğretim stratejisi uygulanmıştır. Buna göre öğretmen önce konunun kavramlarını sunmuş ve açıklamış daha sonra ders kitabındaki çalışma sorularını öğrencilere yaptırarak büyük sınıf tartışması ile tartıştırmıştır. Kitapta bulunan deney ve uygulama etkinlikleri ise gösteri tekniğiyle öğretmen tarafından yapılmış ve tartışma soruları yine büyük sınıf tartışması yoluyla tartışılmıştır. Sınıfta tartışılan soruların çoğu ders kitabından alınmıştır. Ayrıca öğretmen deney grubundaki işbirliği ile çalışan gruplara hazırlanmış olan bazı soruları da sormuştur. Öğretmen öğrencileri büyük sınıf tartışmasına katılmaya teşvik etmesine rağmen, öğrencilerin tamamının aktif katılımı sağlanamamıştır. Ayrıca deney grubunda kullanılan video, simülasyon ve ses kayıtları gibi materyaller kontrol grubunda da kullanılmış olup bunlarla ilgili sorular soru-cevap ve tartışma yöntemi ile uygulanmıştır. Deney grubunda yapılan deneyler öğretmen tarafından kontrol grubunda da yapılmıştır.

Örneğin molekül konusunda öğrencilerin ön bilgilerini kontrol etmek ve derse giriş yapmak amacı ile öğrencilere molekülün ne olduğu sorulmuştur. Daha sonra öğretmen “molekül” kavramını açıklamıştır. Bu kapsamda atomik yapıdaki maddeler, moleküler yapıdaki maddeler, aynı ve farklı cins atomlardan oluşan moleküller anlatılmıştır. Kavramsal olarak molekül kavramı açıklandıktan ve kitaptaki molekül modelleri gösterildikten sonra öğrencilerin atom ve molekül farkını görmeleri, ayrıca aynı ve farklı cins atomlardan oluşan molekül özelliklerini keşfetmeleri amacı ile ‘Molekül Modeli Oluşturma Etkinliği’ yapılmıştır (Demirkazan vd., 2018, s. 122). Öğrencilerden kendilerine verilen farklı renklerdeki oyun hamurlarını ve kürdanları kullanarak sıra arkadaşlarıyla birlikte molekül modelleri yapmaları ve oluşturdukları modelleri A4 kâğıdına çizmeleri istenmiştir. Öğrencilerin yaptıkları molekül modelleri öğretmen tarafından kontrol edilmiştir. Çizimler tamamlanınca öğrencilere modellerini açıklamaları için sorular sorulmuştur. Daha sonra “Bir Molekül Yapalım” simülasyonu (PhET, t.y.) öğrencilere gösteri tekniği ile gösterilmiş ve neler gözlemledikleri sorulmuştur. Öğretmen öğretilen kavramların ne düzeyde anlaşıldığını görmek amacı ile büyük sınıf tartışması yapmış, ardından öğrencilere konuyla ilgili notlar aldırılmıştır. Sonuç olarak tümdengelsel bir yaklaşımla ders işlenmiş olup, açıklanan kavramlar öğrencilerin yürüttüğü etkinliklerle pekiştirilmiştir.

Deney Grubundaki Uygulamalar

Bu grupta fen bilimleri dersinin öğretimi POGIL ile gerçekleştirilmiştir. Uygulama öncesi öğrencilere bir ders saati boyunca POGIL hakkında bilgi verilmiş olup, öğrencilerden ve gruplardan beklenen davranış şekilleri açıklanmıştır. Asıl öğretmenin önerileri doğrultusunda öğrenciler başarı düzeylerine göre alt, orta ve üst şeklinde gruplandırılmıştır. Araştırmacı tarafından cinsiyet ve başarı açısından karma yedi (altısı dörder ve biri beş kişilik) grup oluşturulmuştur. Her takımda tüm grup üyelerine yönetici, sözcü, yazıcı ve yansıtıcı olmak üzere roller verilmiştir. İlk seferinde roller öğretmen tarafından dağıtılmış, öğrencilerden haftalık olarak her seferinde farklı olmak üzere rollerini değiştirmeleri istenmiştir. Yönetici, grubu yönetir, verilen görevlerin tamamlanmasını sağlar. Üyelerin tüm etkinliklere aktif olarak katıldığından ve her üyenin üzerinde çalışılan konuyu ve kavramları tam olarak anladığından emin olur. Ayrıca grubun öğretmen ile etkili bir şekilde iletişim kurmasını sağlar. Sözcü, grup bulgularını öğretmenin seçtiği herhangi bir ortam (sözlü sunum veya beyaz tahta vb.) aracılığıyla tüm sınıfa iletir. Grubun anlamadığı noktaları

öğretmene grup adına sorar. Yazıcı, öğretmene verilmek üzere üzerinde çalışılıp tamamlanmış alıştırmaları hazırlar ve böylece grubun ortak yazılı sesini temsil eder. Son olarak yansıtıcı, grubunun nerede iyi olduğunu ve hangi açılardan geliştirilmeye ihtiyaç duyduğunu tespit ederek grup arkadaşlarıyla paylaşır ve grubun performansını iyileştirmeye yönelik stratejiler geliştirmesine yardımcı olur (Farrel vd., 1999). Beş kişilik grupta yansıtıcı rolünü iki kişi üstlenmiştir.

İşbirlikli öğrenme takımları, öğrenme döngüsüne dayalı hazırlanmış etkinlik kağıtları üzerinde çalışmıştır. Etkinlik kağıtları öğrencilerde sorgulama ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirici sorular içermektedir. Lise ve üniversite düzeyindeki öğrenciler için kimya dersi konularının öğretimine yönelik POGIL etkinlikleri elektronik ortamda ulaşılabilir olarak bulunmaktadır (POGIL, 2022). Araştırmanın yürütüldüğü sırada alanyazında, ortaokul öğrencileri için Saf Madde ve Karışımlar Ünitesi kapsamındaki kavramları içeren, ulaşılabilir POGIL etkinlikleri bulunmadığından bu çalışmada kullanılan etkinlik kağıtları araştırmacılar tarafından hazırlanmıştır. Bu süreçte etkinliklerin tasarım ve organizasyon yapısını anlamak amacıyla ulaşılabilir POGIL etkinlikleri incelenmiştir (Hanson, 2011; Moog ve Farrell, 2011). Ayrıca fen bilimleri ders kitabındaki etkinliklerden (Demirkazan vd., 2018) ve sorgulamaya dayalı öğretime uygun kimya etkinlikleri sunan önemli bilimsel toplulukların internet sitelerinden faydalanılmıştır (American Chemical Society [ACS], 2023; PhET, 2023; Royal Society of Chemistry [RSC], t.y., 2023). Etkinlik kağıdındaki sorular, öğrenme döngüsüne uygun olarak, verilen bir model, veri seti, ya da deney kullanılarak keşfetme; keşfedilen fenomenlerin üst düzey düşünme sorularının takımca tartışılması yoluyla oluşturulması ve açıklanması ve bu kavramların farklı problem durumlarını çözmek yoluyla uygulanmasını gerektirmektedir. Takımlar etkinlik kağıtlarındaki tüm görevleri grup arkadaşlarıyla birlikte yapmışlardır. Bu esnada öğretmen takımlar arasında dolaşarak tartışmalara kulak misafiri olmuş ve sorular sorarak tartışmaları teşvik etmiştir. Öğrencilerin zorlandıkları noktalarda cevapları vermek yerine üst düzey düşünme gerektiren sorularla cevaba kendilerinin ulaşmalarını sağlamıştır. Daha sonrasında öğrenciler büyük sınıf tartışması ile cevaplarını diğer gruplarla paylaşmış, karşıt görüşler olması durumunda bilimsel destekler kullanarak iddialarını savunmuşlardır. Büyük sınıf tartışması birbirlerinin akıl yürütmelerini görmek, argümantasyon yapmak ve sonunda bilimsel kavramaya ulaşmayı sağlar (Becker vd., 2015).

Sürecin önemli bileşenlerinden biri de üstbilişin kullanımı ve geliştirilmesidir. Grup üyeleri sürekli olarak ne yaptıkları ve niye yaptıklarıyla ilgili yansıtma yapmışlardır. Bu amaçla gruplara her hafta araştırmacılar tarafından hazırlanmış olan Grup Öz Değerlendirme Formu dağıtılmıştır. Takımlar bu form aracılığıyla süreçteki öğrenmelerini ve takım çalışması sırasında grup performanslarını değerlendirmiş ve becerilerini geliştirmek için stratejiler geliştirmişlerdir. Öz-değerlendirmelerini tüm sınıfla paylaşarak yansıtma yapmaları sağlanmıştır. Daha sonra doldurdıkları formu öğretmene teslim etmişlerdir.

Bulgular

Motivasyon

Veriler SPSS-20 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Sayıtlılar kontrol edildikten sonra gruplar arasında öntest ÖGSÖ puanları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemek üzere her alt boyut için bağımsız gruplar t-testi yapılmıştır. Birbiri ile ilişkili olan bağımlı değişkenlere ayrı ayrı t-test veya ANOVA yapmak, Tip 1 hatanın artmasına neden olabilmektedir (Pallant, 2007). MANOVA bu riski kontrol altına alan bir analiz tekniği olmakla birlikte sayıtlıları sağlanamadığından bu veriler için kullanılmamıştır. Tip 1 hata riskini kontrol etmek için önerilen diğer bir yol Bonferroni düzeltilmesidir. Bunun için normal alfa değeri (0,05) bağımlı değişken sayısına bölünür

(Pallant, 2007). Bu çalışmada öntest ve sontest ÖGSÖ verileri için alfa değeri 0.05'in bağımlı değişken sayısı olan altıya bölünmesiyle elde edilen 0,0083 olarak alınmıştır. Buna göre öntest ÖGSÖ alt boyutları için yapılan bağımsız gruplar t-testi sonucuna göre gruplar arasında İHD, DHD, GD, ÖİKİ, ÖPÖA ve SK açısından anlamlı farklılık yoktur. Bu durum, kıyaslanan grupların uygulama öncesi motivasyon özellikleri açısından benzer olduğunu göstermektedir. Yapılan t-testlerinin sonuçları ve betimsel istatistikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1*Öntest ÖGSÖ Altboyutları için Betimsel İstatistikler ve t-testi Sonuçları*

Bağımlı değişken	Deney Grubu		Kontrol grubu		t(53)	p
	X	S	X	S		
İçsel hedef düzenleme (İHD)	18,25	7,66	21,67	4,42	-2,017	0,050
Dışsal hedef düzenleme (DHD)	20,03	6,65	24,03	3,57	-2,762	0,009
Görev değeri (GD)	28,77	11,11	35,32	4,76	-2,819	0,009
Öğrenmeye ilişkin kontrol inancı (ÖİKİ)	19,18	7,36	22,92	3,85	-2,347	0,024
Öğrenme ve performansla ilgili öz-yeterlik algısı (ÖPÖA)	37,66	13,74	40,00	9,21	-0,737	0,465
Sınav kaygısı (SK)	19,03	4,54	22,03	5,13	-2,289	0,026

Anlamlılık düzeyi= 0,0083

Deney ve kontrol grubu arasında sontest ÖGSÖ alt boyutları açısından fark olup olmadığına bakmak için sayıtların kontrol edilmesinin ardından bağımsız gruplar t-testi yapılmıştır. Sonuçlara göre gruplar arasında İHD, GD, ÖİKİ ve ÖPÖA açısından deney grubu lehine ve DHD açısından kontrol grubu lehine anlamlı farklılık vardır. Yapılan t-testlerinin sonuçları ve betimsel istatistikler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2*Sontest ÖGSÖ Altboyutları için Betimsel İstatistikler ve t-testi Sonuçları*

Bağımlı değişken	Deney Grubu		Kontrol grubu		t(53)	p	Kısmi η^2
	X	S	X	S			
İçsel hedef düzenleme (İHD)	26,59	2,32	21,64	4,27	5,356	0,000	0,347
Dışsal hedef düzenleme (DHD)	20,22	6,46	24,10	3,33	-2,785	0,007	0,130
Görev değeri (GD)	38,96	2,84	35,17	4,36	3,822	0,000	0,214
Öğrenmeye ilişkin kontrol inancı (ÖİKİ)	25,59	2,84	22,92	3,52	3,076	0,003	0,151
Öğrenme ve performansla ilgili öz-yeterlik algısı (ÖPÖA)	51,48	3,26	40,32	8,54	6,443	0,000	0,432
Sınav kaygısı (SK)	19,92	4,61	23,10	6,09	-2,176	0,034	0,082

Anlamlılık düzeyi=0,0083

Tablo 2'deki kısmi η^2 değerleri, başta ÖPÖA, İHD ve GD olmak üzere, gruplar arasında tespit edilen farklılığın etki büyüklüğünün oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. POGİL, deney grubunun içsel hedef düzenleme puanlarındaki varyansın %34,7'sini, görev değerindeki varyansın %21,4'ünü, öğrenmeye ilişkin kontrol inancındaki varyansın %15,1'ini ve öğrenme ve performansla ilgili öz-yeterlik algısındaki varyansın %43,2'sini açıklamaktadır. Diğer yandan süreç sonunda kontrol grubunun dışsal hedef

düzenleme puanlarında deney grubuna göre anlamlı düzeyde artış olmuştur. Kontrol grubunda uygulanan sunuş yoluyla öğretim, dışsal hedef düzenleme puanlarındaki varyansın %13'ünü açıklamaktadır.

Mantıksal Düşünme Becerileri

Uygulamadan önce grupların mantıksal düşünme becerilerinin benzer olup olmadığını tespit etmek üzere, öntest MDGT puanları kıyaslanmıştır. Öntest verileri normal dağılmadığından kıyaslama için Mann Whitney U testi kullanılmıştır. Sonuçlara göre deney ve kontrol grubu arasında öntest MDGT puanları açısından anlamlı bir farklılık yoktur. Bu durum, kıyaslanan grupların uygulama öncesi mantıksal düşünme becerileri açısından benzer olduğunu göstermektedir. Betimsel istatistikler ve Mann-Whitney U testi sonucu Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3

Öntest MDGT için Betimsel İstatistikler ve Mann-Whitney U Sonuçları

Grup	N	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	U	p
Deney	27	25,37	685,00	307,0	0,219
Kontrol	28	30,54	855,00		

Anlamlılık düzeyi=0,05

Sontest MDGT puanları açısından gruplar arasında fark olup olmadığını incelemek üzere bağımsız gruplar t-testi yapılmıştır. Sonuçlara göre gruplar arasında deney grubu lehine anlamlı farklılık vardır. Yapılan t-testi sonuçları ve betimsel istatistikler Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4

Sontest MDGT için Betimsel İstatistikler ve t-testi Sonuçları

Grup	X	S	t	sd	p	Kısmi η^2
Deney	3,51	2,19	3,618	53	0,001	0,20
Kontrol	1,06	1,68				

Anlamlılık düzeyi=0,05

Tablo 4'teki verilere göre POGIL, deney grubu öğrencilerinin MDGT puanlarındaki varyansın %20'sini açıklamaktadır. Kısmi η^2 değeri (0,20), etki büyüklüğünün yüksek olduğunu göstermektedir.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmanın bulguları, POGIL'in ortaokul öğrencilerinin fen dersindeki motivasyonlarını önemli düzeyde artırdığını göstermektedir. Spesifik olarak, bu gruptaki öğrencilerin öğrenme ve performansla ilgili öz-yeterlik algısı, içsel hedef düzenleme, görev değeri ve öğrenmeye ilişkin kontrol inancında büyük sınıf tartışması grubuna göre yüksek bir etki büyüklüğüyle gelişim gözlenmiştir (sırasıyla kısmi η^2 değerleri 0,432, 0,347, 0,214 ve 0,151). Öğrenme ve performansla ilgili öz-yeterlik, başarı ve öz-yeterliğe ilişkin beklentiyi ifade eder. Başarı beklentisi görev performansı ile ilgili beklentileri işaret eder. Öz-yeterlik ise bir kişinin görevi başarma becerileri ve o görevi yerine getirme becerilerine olan güveniyle ilgili yargılarını içerir (Pintrich vd., 1991). POGIL sayesinde öğrencilerin başarı beklentileri ve öz-yeterliklerinde artış olduğu söylenebilir. POGIL, öğrencilerin kavramları tümevarımsal biçimde ve bağımsız olarak bulmasına imkan verecek şekilde aktif hale getirmektedir. Öğrenciler kendi öğrenme sorumluluklarını almaktadır. Öğrenci aktifliği, motivasyon artışında önemli bir etken olarak görülmektedir. POGIL'in işbirlikli öğrenme bileşeni, öğrencilerin takım içi roller alarak sorumluluk üstlenmesini sağlamakta ve olumlu

sosyal ilişkiler vasıtasıyla özgüvenlerini ve takım çalışması becerilerini geliştirmektedir (Yuliastini vd., 2018). Qureshi ve diğerleri (2017) POGIL ortamında öğrencilerdeki öz-yeterlik artışını, öğretmenin sağladığı rehberlik ve destekle ilişkilendirmiştir. POGIL etkinliklerinin zorlayıcı oluşu göz önüne alınarak, bu süreçte öğretmen rehberliği ve kolaylaştırıcı davranışlarının öğrencilerin öz-yeterlikleri ve başarı beklentilerini arttırmadaki rolü ortaya çıkmaktadır. Öz-yeterlikleri gelişen öğrencilerinse başarı beklentilerinin arttığı belirtilmektedir (Glazer, 2015). Bu çalışmayla tespit edilen, POGIL'in öğrenme ve performansla ilgili öz-yeterlik üzerindeki olumlu etkisi, alanyazındaki çalışmalarla da uyumludur (DeGale ve Boisselle, 2015; Qureshi vd., 2017).

Bu çalışmanın bulguları, POGIL ortamında ortaokul öğrencilerinin, motivasyonun diğer bir boyutu olan içsel hedef düzenleme algılarının da geliştiğini göstermektedir. Bir akademik görevle ilgili içsel hedef düzenlemeye sahip olmak, o öğrencinin yüksek not ya da takdir almak gibi dışsal etkilerden ziyade içsel motivasyon göstergeleri olan hoşlanma, merak, tercih etme ya da isteme gibi sebeplerle o görevi gerçekleştirdiğini gösterir (Pintrich vd., 1991). Rannikmäe ve Holbrook (2009), fen öğrenimini ilginç ve kişisel olarak öğrencilerle daha ilişkili hale getirerek öğrencilerin içsel motivasyonunun arttırılabileceğini iddia etmektedir. POGIL etkinliklerinde gerçek dünya bağlamından alınmış problemler kullanılır. Bu problemler süreç becerilerini geliştirme, öğrencilerin ilgisini uyandırma ve kavramları güncel dünya sorunlarıyla ve diğer alanlarla ilişkilendirme gibi özelliklere sahiptir (Hanson, 2006). Ayrıca POGIL ortamında, işbirlikli gruplarda öğrencilerin akran desteği alması ve farklı bireysel becerilerin bir arada toplanması başarmaya karşı istekli olmalarını sağlamış olabilir. Kırık ve Boz (2012) işbirlikli öğrenme ortamında öğrencilerin, birlikte çalışmanın tek başına çalışmaktan daha eğlenceli olduğunu düşündüklerini ve böylece içsel motivasyonlarının arttığını bildirmektedir. Geiger (2010) ve Şen ve diğerleri (2015), bu çalışmanın bulgularına paralel olarak, öğrencilerin POGIL kullanıldığında kimya öğrenmeye daha çok ilgi duyduklarını ve daha mutlu olduklarını belirtmişlerdir. Şen ve diğerleri (2015) bu durumu POGIL'in üstbilşi kullanıyor olmasıyla açıklamıştır. POGIL'de öğrenciler, kendi öğrenmelerinin sorumluluğunu üstlenirken, kendi öğrenmelerini izlerken (özyönetim ve özdenetim), ne öğrendiklerini ve neyi anlamadıklarını değerlendirirken (öğrenme üzerine düşünceler) üstbilşi kullanırlar. Bu da öğrencilerin derse olan ilgisini artırır.

Görev değeri öğrencinin görevin ne kadar ilginç, önemli ve faydalı olduğuna ilişkin değerlendirmesidir. Yüksek görev değeri, kişinin kendi öğrenmesine daha fazla dahil olmasını sağlar. Bu çalışmada, POGIL grubundaki öğrencilerin daha yüksek görev değerine sahip olması, ders materyalini daha ilginç, önemli ve faydalı bulduğunu göstermektedir (Pintrich vd., 1991). Buna paralel olarak, Qureshi ve diğerleri (2017), üniversite öğrencilerinin kimya dersi bağlamında uygulanan POGIL görevlerinin önemini anladıklarını belirtmişlerdir. POGIL ortamında öğrenciler akranlarından ve öğretmenden rahatlıkla yardım alabildikleri için POGIL görevlerini faydalı bulmaktadır (Ham ve Myers, 2019). Öğrencilerin merak duygusunun harekete geçiriliyor olması, POGIL görevlerini daha ilginç ve önemli görmelerinde etkili olabilir (Rahayu vd., 2018). Ayrıca POGIL grubunun içsel motivasyonlarındaki artış, POGIL materyallerindeki görevleri önemli ve faydalı buldukları ve merak etmeleri gibi içsel güdüleyicilerle yerine getirdiklerini göstermektedir.

Öğrenmeye ilişkin kontrol inancının yüksek olması, öğrencilerin öğrenmekle ilgili çıktılarının öğretmen gibi dışsal faktörlerden ziyade kendi çabalarına bağlı olduğuna inandıklarını gösterir (Pintrich vd., 1991). Bu çalışmanın bulguları, POGIL ile öğretim gören ortaokul öğrencilerinin, süregelen öğretim yöntemlerinin uygulandığı gruba kıyasla kendi öğrenmeleri üzerinde daha fazla kişisel kontrole sahip olduklarına inandıklarını ve elde

ettikleri öğrenme çıktılarını kendi çabalarına bağladıklarını göstermektedir. POGIL sınıfında kullanılan etkinlikler öğrencilerin birbirleriyle daha fazla etkileşim kurmasını, etkinlik görevlerini yerine getirirken verilen roller sayesinde daha fazla sorumluluk almalarını ve böylece kendi öğrenmelerine daha fazla dahil olmalarını sağlamaktadır (Hanson, 2006). Öğrenciler, rehberli sorgulama etkinliklerini kendi yönettikleri takımlarda gerçekleştirmiştir. Alanyazındaki bazı çalışmalar, lise ve üniversite öğrencilerinin de POGIL'in kendi öğrenmeleri üzerindeki kontrollerine olan inançlarını arttırdığını göstermektedir (Şen vd., 2015; Vishnumolakala vd., 2017).

Bu çalışmanın motivasyona ilişkin diğer bulgusu ise, süregelen öğretim yönteminin POGIL'e kıyasla öğrencilerin dışsal hedef düzenlemeyle ilgili inançlarını daha fazla arttırmasıdır. Yüksek dışsal hedef düzenlemeye sahip bireylerin asıl ilgilendikleri, görevin kendisinden ziyade yüksek puanlar, ödüller veya performanslarının başkalarıyla kıyaslanmasıdır (Pintrich vd., 1991). Büyük sınıf tartışması odaklı yöntemin uygulandığı kontrol grubunda öğrencilerin katılımını arttırıcı etkinlikler kullanılmış olsa da, öğrenci-öğrenci etkileşimi çok sınırlı olduğundan öğrencilerin katılım düzeyi, POGIL grubuna kıyasla çok düşük düzeyde kalmıştır. Fen bilimleri dersi öğretim programının aksine, Türkiye'nin fen sınıflarında, kontrol grubunda olduğu gibi, öğrenciler arası etkileşimin neredeyse hiç olmadığı, öğretmen merkezli öğretim yöntemleri tercih edilmektedir. Bu durum programdaki kazanımlara yeterince ulaşamamasıyla sonuçlanmaktadır (Bümen ve Yazıcılar, 2020; Değirmenci ve Doğru, 2019). Öğretmen merkezli uygulamalar, öğrencilerin öğrenmek için genellikle dışsal etkilere bağımlı olmasıyla sonuçlanmaktadır. Dışsal ödüller içsel motivasyonu azaltmakta ve kişinin daha fazla kontrol edildiğini düşünerek performans çıktılarını olumsuz etkileyebilmektedir (Ryan ve Deci, 2000).

Bu çalışmada POGIL, süregelen öğretim yöntemine kıyasla 7. sınıf öğrencilerinin mantıksal düşünme becerilerini yüksek bir etki büyüklüğüyle arttırmıştır ($\eta^2=0,20$). POGIL grubunun ortalaması öğretim sonunda 2 puan artarken kontrol grubunun ortalaması 0,5 puan azalmıştır. Lawson (1995) öğrenme döngüsünün öğrencilerin akıl yürütme becerilerini geliştirdiğini bildirmiştir. Vygotsky (1978)'e göre düşük beceriye sahip bireyler daha yetenekli bir akran ya da bir uzmanın işbirliği veya yardımıyla tek başına yapabildiğinden daha karmaşık düzeyde anlamalar geliştirebilmektedir. Yapı iskelesi (scaffolding) öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerini geliştirmenin mükemmel bir yoludur (Rosenshine ve Meister, 1992). Bu çalışmada POGIL ile öğrenciler takımlarında yaptıkları akran etkileşimleri ve tartışmalarıyla bu desteği alabilme şansına sahip olmuşlardır. Dolayısıyla, mantıksal düşünme becerilerindeki önemli artış POGIL'in içerdiği öğrenme döngüsüne uygun etkinlikler ve işbirlikli çalışan öz-yönetimi yüksek takımlarla açıklanabilir. POGIL etkinlikleri, öğrencilerin alışkın oldukları akıl yürütme biçimleriyle çözülemeyecek kadar karmaşık olup takım çalışması yapmayı gerektirmektedir (Hanson, 2006).

Öğretmen merkezli yöntemler bir konunun içeriğini, kurallarını, yöntemlerini öğretmede etkili olabilirken öğrencilerin anladıklarını üst düzey düşünme biçimlerini yansıtabilecekleri süreçlere katılımlarını desteklemede başarılı değildir (Rickey ve Stacy, 2000). Öte yandan POGIL, öğrencilerin kendi öğrenmelerini, üyesi oldukları takımlarının güçlü ve iyileştirilmesi gereken yönlerini ve problem çözme vizyonlarını belirlemek için hem kendi hem de diğer takımların kullandıkları stratejileri değerlendirmelerini sağlayacak şekilde üstbilişi kullanır (Bransford vd., 2000; Hanson, 2006). Bu sayede öğrencilerin akıl yürütme becerilerinde gelişme gözlemlenebilir. Abdullah ve Shariff (2008) de karma yetenekli işbirlikli gruplarla uygulanan sorgulamaya dayalı bilgisayar simülasyonlarının lise öğrencilerinin kimya dersindeki akıl yürütme becerilerini geliştirdiğini bulmuşlardır. Lavoie

(1999) tahmin etme-tartışma temelli öğrenme döngüsünün geleneksel öğrenme döngüsüne kıyasla süreç becerileri ve mantıksal düşünme becerilerini daha fazla geliştirdiğini göstermiştir. Bu bulguyu akranlar arası tartışmaların, özellikle de çatışan-karşıt tahminlerin öğrencilerin mantıksal düşünme süreçlerini kullanmaları yoluyla geliştirmesi ile açıklamışlardır. Bu çalışmada da takım içi tartışmalar sırasında öğrencilerin fikrinsel çatışmaları olmuştur ve ortak karara ulaşmada mantıksal düşünme becerileri harekete geçmiş olabilir. MDGT'nin hem eleştirel düşünme becerilerinin hem de fen ve matematik dersi başarılarının yordayıcısı olduğu belirtilmektedir (Bunce ve Hutchinson, 1993). Bu çalışmadaki MDGT puanlarındaki artış, öğrenci başarısı ve eleştirel düşünme becerilerinde de gelişme olabileceğini düşündürmektedir.

Özetle, bu çalışmada POGIL'in ortaokul düzeyinde fen bilimleri dersinde hem öğrenci motivasyonlarına hem mantıksal düşünme becerileri üzerinde önemli etkilere sahip olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır. Bu bulgulardan yola çıkılarak POGIL'in ortaokul düzeyinde, motivasyon dışında başka duyuşsal kazanımlar üzerindeki etkileri araştırılabilir. Ayrıca, MDGT puanlarının başarı ve eleştirel düşünme becerilerini de yordadığı göz önüne alınarak, POGIL'in öğrencilerin Saf Madde ve Karışımlar ünitesindeki kavramsal anlama düzeyleri ve diğer üst düzey düşünme becerilerine etkisi araştırılabilir. Nitekim Özkanbaş ve Kırık (2020) POGIL'in altıncı sınıf öğrencilerinin maddenin tanecikli yapısı ünitesindeki başarılarını geliştirdiğini bulmuştur. Aslında, bu süreçte öğrencilerin başarılarını ortaya koyan veriler de toplanmış olmakla birlikte yer sınırlamasından dolayı bulgular bu çalışmada sunulamamıştır. Ayrıca POGIL'i ortaokul fen bilimleri dersinde farklı konularda ve farklı sınıf düzeylerinde de uygulamanın etkisi araştırılabilir.

Sınırlılıklar

Bu çalışmada katılımcılar bireysel olarak değil sınıfça gruplara atanmıştır çünkü sınıflar okul idaresince önceden belirlenmiştir. Uygulamanın süresi altı haftayla ve yalnızca Saf Madde ve Karışımlar ünitesindeki “maddenin tanecikli yapısı (atomun yapısı, atom modelleri, molekül)”, “saf maddeler (element ve bileşikler)”, “karışımlar” ve “karışımların ayrılması” konularıyla sınırlı olup POGIL'in tam anlamıyla etkilerini görmeye bu sürenin kısa olduğu söylenebilir (Qureshi vd., 2017). Tüm dönem boyunca fen konularının öğretiminde POGIL kullanılması, etkilerin daha iyi ölçülmesini sağlayabilir ancak tüm konular POGIL ile öğretilmeye uygun olmayabilir ve POGIL materyallerini geliştirmek zor olduğundan, hepsi için etkinlik bulunamayabilir. Bu çalışmanın süre, kapsam ve örneklem büyüklüğünün azlığı, varılan sonuçlarının da sınırlı olmasına neden olmaktadır. Bunlara ek olarak, öğrencilerin asıl öğretmeni sınıfta olmakla birlikte öğretimi yapan farklı bir kişidir. Asıl öğretmen POGIL, işbirlikli öğrenme ve sorgulamaya dayalı öğrenme hakkında yeterince kuramsal ve pratik bilgiye sahip olmadığından, çalışmanın yapıldığı sırada POGIL üzerine tez çalışmasını yürüten ve deneyimli bir fen bilimleri öğretmeni olan ilk yazar öğretimi gerçekleştirmiştir. Bu nedenle öğrencilerin davranışları etkilenmiş olabilir ancak bu durum kontrol grubu için de geçerli olduğundan etkilerinin iki grup için de aynı olduğu düşünülmektedir. Çalışmadaki olası bir dış geçerlilik tehdidi, araştırmacının etkisidir. Öğretmenin aynı zamanda araştırmayı yürüten kişi olması, istemeden de olsa deney grubundakilerin lehine davranma ihtimalini ortaya çıkarmaktadır. Ancak öğretmen her iki gruba da aynı şekilde davranmaya çalışmıştır. Çalışmanın bir sınırlılığı da, geliştirilen POGIL etkinliklerinin POGIL uzmanlarınca sertifikalandırılmamış olması nedeniyle öğretimin tam olarak POGIL'i temsil etmiyor olması olasılığıdır. Araştırmacılar çok sayıda POGIL materyalini inceleyerek materyalleri geliştirmiş olsa da herhangi bir çalışmaya katılmamışlardır. Yine de öğrenme döngüsüne uygun geliştirilmiş çok sayıda materyal, POGIL etkinliklerini geliştirmede yardımcı olmuştur.

Etik Kurul İzin Bilgisi: Bu araştırma, Çukurova Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Alanında Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulunun 04/11/2020 tarihli 6 sayılı kararı ile alınan izinle yürütülmüştür.

Yazar Çıkar Çatışması Bilgisi: Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkısı: Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır.

Kaynakça

- Abdullah, S., & Shariff, A. (2008). The effects of inquiry-based computer simulation with cooperative learning on scientific thinking and conceptual understanding of gas laws. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 4(4), 387–398. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75365>
- Abraham, M. R. (2005). Inquiry and the learning cycle approach. In N. J. Pienta, M. M. Cooper, and T. J. Greenbowe (Eds), *Chemists' guide to effective teaching* (pp. 41-52). Prentice Hall.
- Aksu, M., Berberoğlu, G., & Paykoç, F. (1990). *Can the GALT test be used in a different cultural setting?* (Research Report). Ankara: METU.
- Albanese, M. A., & Mitchell, S. (1993). Problem-based learning. A review of literature on its outcomes and implementation issues. *Academic Medicine*, 68(1), 52–81.
- American Chemical Society [ACS]. (2023). *Middle school chemistry: Lesson plans*. [Available online at <https://www.middleschoolchemistry.com/lessonplans/>], Retrieved on January 10, 2019.
- Amiot, L.M. (2007). *The particulate nature of polyatomic ions: An exploratory study using molecular drawing software*. [Doctoral dissertation, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College]. https://digitalcommons.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4550&context=gradschool_dissertations
- Andriani, S., Nurlaelah, E., & Yulianti, K. (2019). The effect of process oriented guided inquiry learning (POGIL) model toward students' logical thinking ability in mathematics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(4), 1-5. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/4/042108>
- Artuz, J. K. A., & Roble, D. B. (2021). Developing students' critical thinking skills in mathematics using Online-Process Oriented Guided Inquiry Learning (O-POGIL). *American Journal of Educational Research*, 9(7), 404–409. <https://doi.org/10.12691/education-9-7-2>
- Ashman, A., & Gillies, R. (Eds.). (2003). *Cooperative learning: The social and intellectual outcomes of learning in groups*. Routledge.
- Atila, M. E. ve Sözbilir, M. (2016). Fen ve teknoloji dersi öğretim programındaki yapılandırmacılığa dayalı öğelerin öğretmenler tarafından uygulanışı: Nitel bir çalışma. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 1418-1457.
- Becker, N., Stanford, C., Towns, M., & Cole, R. (2015). Translating across macroscopic, submicroscopic, and symbolic levels: the role of instructor facilitation in an inquiry-oriented physical chemistry class. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4), 769–785. <https://doi.org/10.1039/C5RP00064E>

- Bransford, J., Brown, A. L., & Cocking, R. E. (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. National Academy Press.
- Bunce, D. M., & Hutchinson, K. D. (1993). The use of the GALT (Group Assessment of Logical Thinking) as a predictor of academic success in college chemistry. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 183-187. <https://doi.org/10.1021/ed070p183>
- Bümen, N. T., Çakar, E. ve Yıldız, D. G. (2014). Türkiye’de öğretim programına bağlılık ve bağlılığı etkileyen etkenler. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(1), 203-228.
- Bümen, N. T. ve Yazıcılar, Ü. (2020). Öğretmenlerin öğretim programı uyarlamaları üzerine bir durum çalışması: devlet ve özel lise farklılıkları. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 40(1), 183-224. <https://doi.org/10.17152/gefad.595058>
- Carolan, T. F., Hutchins, S. D., Wickens, C. D., & Cumming, J. M. (2014). Costs and benefits of more learner freedom: Meta-analyses of exploratory and learner control training methods. *Human Factors*, 56(5), 999–1014. <https://doi.org/10.1177/0018720813517710>
- Değirmenci, A. ve Doğru, M. (2019). İlkokul 4. sınıf fen bilimleri dersi öğretim programı maddeyi tanıyalım ünitesi kazanımlarının gerçekleşme düzeyinin değerlendirilmesi. *Gazi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 5(1), 102-121.
- Demirkazan, Y. K., Kalik, G. ve Öcal, K. (2018). *Ortaokul Ve Imam Hatip Ortaokulu Fen Bilimleri 7 ders kitabı*. Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları.
- De Gale, S., & Boisselle, L. N. (2015). The effect of POGIL on academic performance and academic confidence. *Science Education International*, 26(1), 56-79.
- De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179–201. <https://doi.org/10.3102/00346543068002179>
- Doğan, Y. (2010). Fen ve teknoloji dersi programının uygulanması sürecinde karşılaşılan sorunlar. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(1), 86-106.
- Douglas, E. (2014). *Introduction to materials science and engineering: A guided inquiry*. Pearson Higher Education.
- Farrell, J. J., Moog, R. S., & Spencer, J. N. (1999). A guided-inquiry general chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 570. <https://doi.org/10.1021/ed076p570>
- Geiger, M. (2010). Implementing POGIL in allied health chemistry courses: Insights from process education. *International Journal of Process Education*, 2(1), 19-34.
- Glazer, N. (2015). Student perceptions of learning data-creation and data-analysis skills in an introductory college-level chemistry course. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), <https://doi.org/338–345>. [10.1039/C4RP00219A](https://doi.org/10.1039/C4RP00219A)
- Gülmez Güngörmez, H. ve Akgün, A. (2020). Kavram yanlışlarının giderilmesinde süreç odaklı rehberli sorgulayıcı öğrenme ortamının etkisi: Kuvvet ve enerji ünitesi örneği. *Journal of History School*, 49, 4118-4147. <http://dx.doi.org/10.29228/Joh.45680>
- Ham, Y., & Myers, B. (2019, February). Supporting guided inquiry with cooperative learning in computer organization. *SIGCSE 2019: Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 273–279. <https://doi.org/10.1145/3287324.3287355>

- Hanib, M. T., Suhadi, S., & Indriwati, S. E. (2017). Science processing skill improvement through POGIL. *Jurnal Pendidikan Sains*, 5(4), 118–122.
- Hanson, D. M. (2006). *Instructor's guide to process-oriented guided-inquiry learning*. Pacific Crest.
- Hanson, D. (2011). *General chemistry: Guided explorations*. (2nd ed.). Brooks/Cole.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2002). The particulate nature of matter: Challenges in understanding the submicroscopic world. In *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 189-212). Springer, Dordrecht.
- Hazır Bıkmaz, F., (2006). Yeni ilköğretim programları ve öğretmenler. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 39(1), 97-116. https://doi.org/10.1501/Egifak_0000000125
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Hogan, K., & Maglienti, M. (2001). Comparing the epistemological underpinnings of students' and scientists' reasoning about conclusions. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(6), 663–687. <https://doi.org/10.1002/tea.1025>
- Irwanto, Saputro, A. D., Rohaeti, E., & Prodjosantoso, A. K. (2018). Promoting critical thinking and problem solving skills of preservice elementary teachers through Process-Oriented Guided-Inquiry Learning (POGIL). *International Journal of Instruction*, 11(4), 777–794. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.11449a>
- Jasperson, J. (2013). *The effects of guided inquiry on students' understanding of physics concepts in the middle school science classroom*. [Master's thesis, Montana State University]. Bozeman, Montana. <https://scholarworks.montana.edu/xmlui/bitstream/handle/1/2794/JaspersonJ0813.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Karplus, R. (1977). Science teaching and the development of reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 14(2), 169-175. <https://doi.org/10.1002/tea.3660140212>
- Kırık, Ö. T. & Boz, Y. (2012). Cooperative learning instruction for conceptual change in the concepts of chemical kinetics. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(3), 221-236. <https://doi.org/10.1039/C1RP90072B>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- Koballa, T. R., Jr., & Glynn, S. M. (2007). Attitudinal and motivational constructs in science learning. In *Handbook of research on science education* (pp. 75–102). Lawrence Erlbaum.
- Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), 27–50. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518645>
- Kyndt, E., Raes, E., Lismont, B., Timmers, F., Cascallar, E., & Dochy, F. (2013). A meta-analysis of the effects of face-to-face cooperative learning. Do recent studies falsify

- or verify earlier findings? *Educational Research Review*, 10, 133–149. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.02.002>
- Lavoie, D. (1999). Effects of emphasizing hypothetico-predictive reasoning within the science learning cycle on high school student's process skills and conceptual understandings in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1127–1147. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199912\)36:10<1127::AID-TEA5>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199912)36:10<1127::AID-TEA5>3.0.CO;2-4)
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Wadsworth Publishing Company.
- Lawson, A. E., (2001). Using the learning cycle to teach biology concepts and reasoning patterns, *Journal of Biological Education*, 35(4), 165-169. <https://doi.org/10.1080/00219266.2001.9655772>
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627>
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*.
- Moog R. S., & Farrell J. J., (2011). *Chemistry: A guided inquiry*. (5th ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Moog, R. S., Spencer, J. N., & Straumanis, A. R. (2006). Process-oriented guided inquiry learning: POGIL and the POGIL project. *Metropolitan Universities*, 17(4), 41-52.
- National Research Council [NRC] (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, cross-cutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press.
- Organisation for Economic Co-Operation and Development [OECD]. (2016). *PISA 2015 results in focus: PISA (Vol. 1)*. OECD Publishing.
- Özkanbaş, M., & Kırık, Ö. T. (2020). Implementing collaborative inquiry in a middle school science course. *Chemistry Education Research and Practice*, 21, 1199-1217. <https://doi.org/10.1039/C9RP00231F>
- Öztürk, İ. H. (2012). Öğretimin planlanmasında öğretmenin rolü ve özerkliği: Ortaöğretim tarih öğretmenlerinin yıllık plan hazırlama ve uygulama örneği. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 12, 271-299.
- Pallant, J. (2007). *SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using SPSS for Windows*. Open University Press
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., et al. (2015). Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47 –61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- PhET (t.y.). *Bir molekül yapalım*. Retrieved January 12, 2019, from https://phet.colorado.edu/sims/html/build-a-molecule/latest/build-a-molecule_tr.html
- PhET (2023). *Etkinliklere gözat*. Retrieved January 5, 2019, from https://phet.colorado.edu/tr/teaching-resources/browse-activities?sims=all&types=all&subjects=CHEMISTRY&levels=MIDDLE_SCHOOL&locales=all&query=bir+molek%C3%BCI+yapal%C4%B1m

- Pintrich, P. R. (1988). A process-oriented view of student motivation and cognition. In J. S. Stark & L. Mets (Eds.), *Improving teaching and learning through research. New directions for institutional research*, 57 (pp. 55-70). Jossey-Bass.
- Pintrich, P. R., Smith, D., Garcia, T., & McKeachie, W. (1991). *A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)* (Report No. NCRIPAL-91-B-004). National Center for Research to Improve Postsecondary Teaching and Learning. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED338122.pdf>
- POGIL (2022). *POGIL curricular materials*. Retrieved on December 10, 2018, from <https://pogil.org/curricular-materials>
- Qureshi, S., Vishnumolakala, V. R., Southam, D. C., & Treagust, D. F. (2017). Inquiry-based chemistry education in a high-context culture: A Qatari case study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(6), 1017-1038. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9735-9>
- Rahayu, S., Aldresti, F., & Fajaroh, F. (2019). Improving the quality of learning environment through Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) enriched by socioscientific issues (SSI) on chemistry solution. *Proceeding of the 4th International Conference on Education*, 4(2), 76-86. <https://doi.org/10.17501/24246700.2018.4210>
- Rannikmae, M., & Holbrook, J. (2009). The meaning of scientific literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(3), 275-288.
- Rickey, D., & Stacy, A. M. (2000). The role of metacognition in learning chemistry. *Journal of Chemical Education*, 77(7), 915. <https://doi.org/10.1021/ed077p915>
- Roadrangka, V. (1991). The construction of a group assessment of logical thinking (GALT). *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 12(2), 148-154.
- Roadrangka V., Yeany, R. H. & Padilla M. J. (1982). *Group test of logical thinking*. University of Georgia, Athens, GA.
- Rojas-Drummond, S., & Mercer, N. (2003). Scaffolding the development of effective collaboration and learning. *International Journal of Educational Research*, 39, 99–111. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(03\)00075-2](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(03)00075-2)
- Rosadi, I., Sunarno, W., & Article, H. (2018). The effectiveness of process-oriented guided inquiry learning to improve students' analytical thinking skills on excretory system topic. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 10(3), 684–690.
- Rosenshine, B. & Meister, C. (1992). The use of scaffolds for teaching higher level cognitive strategies. *Educational Leadership*, April, 26-33.
- Royal Society of Chemistry [RSC] (t.y.). *Chemical misconceptions II- An analogy for the atom*. Retrieved on January 13, 2019 from <https://edu.rsc.org/download?ac=13333>
- Royal Society of Chemistry [RSC] (2023). *Education: Inspiring your teaching and learning*. Retrieved on January 13, 2019, from <https://edu.rsc.org/searchresults?qkeyword=&PageSize=10%20%20108%20params=WVFCET5%7C115500%2CWVFCET2%7C115153%2CWVF%20ACET2%7C115155&cmd=AddPm&val=WVFCET2%7C115154>
- Rönnebeck, S., Bernholt, S., & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground—A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161–197. <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351>

- Rushton, T. G., Lotter, C. & Singer, J. (2011). Chemistry teachers' emerging expertise in inquiry teaching: The effect of a professional development model on beliefs and practice. *Journal of Science Teacher Education*, 22, 23-52. <https://doi.org/10.1007/s10972-010-9224-x>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). When rewards compete with nature: The undermining of intrinsic motivation and self-regulation. In C. Sansone & J. M. Harackiewicz (Eds.), *Intrinsic and extrinsic motivation: The search for optimal motivation and performance* (pp. 13–54). Academic Press.
- Schlatter, E., Molenaar, I., & Lazonder, A. W. (2020). Individual differences in children's development of scientific reasoning through inquiry-based instruction: Who needs additional guidance? *Frontiers in Psychology*, 11, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00904>
- Sevinc, B., Ozmen, H., & Yigit, N. (2011). Investigation of primary students' motivation levels towards science learning. *Science Education International*, 22(3), 218-232.
- Sharma, T. (2022). Promoting creative thinking with Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL). *The Journal of Oriental Research Madras*, 92(47), 43–49.
- Stender, A., Schwichow, M., Zimmerman, C., & Härtig, H. (2018). Making inquiry-based science learning visible: the influence of CVS and cognitive skills on content knowledge learning in guided inquiry. *International Journal of Science Education*, 40(15), 1812–1831. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1504346>
- Sungur, S. (2004). *An implementation of problem based learning in high school biology courses* [Unpublished doctoral dissertation]. Middle East Technical University.
- Şen, Ş., Yılmaz, A., & Geban, Ö. (2015). The effects of process oriented guided inquiry learning environment on students' self-regulated learning skills. *Problems of Education in the 21st Century*, 66, 54–66.
- Valanides, N. C. (1996). Formal reasoning and science teaching. *School Science and Mathematics*, 96 (2), 99-111. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1996.tb15818.x>
- Van Leeuwen, A., & Janssen, J. (2019). A systematic review of teacher guidance during collaborative learning in primary and secondary education. *Educational Research Review*, 27, 71-89. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.02.001>
- Villagonzalo, E. C. (2014, March 6-8). *Process oriented guided inquiry learning: An effective approach in enhancing students' academic performance*. [Conference presentation]. DLSU Research Congress, De La Salle University, Manila, Philippines 2(1), 1-6. <https://www.dlsu.edu.ph/wp-content/uploads/pdf/conferences/research-congress-proceedings/2014/LLI/LLI-I-007-FT.pdf>
- Vishnumolakala, V. R., Southam, D. C., Treagust, D. F., Mocerino, M., & Qureshi, S. (2017). Students' attitudes, self-efficacy and experiences in a modified processoriented guided inquiry learning undergraduate chemistry classroom. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(2), 340-352. <https://doi.org/10.1039/C6RP00233A>
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press. Wadsworth Publishing Company.

- Yuliastini, I. B., Rahayu, S., Fajaroh, F., & Mansour, N. (2018). Effectiveness of POGIL with ssi context on vocational high school students' chemistry learning motivation. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1), 85–95.
- Zeineddin, A. & Abd-El-Khalick, F. (2010). Scientific reasoning and epistemological commitments: Coordination of theory and evidence among college science students. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(9), 1064– 1093. <https://doi.org/10.1002/tea.20368>
- Zraggen, S. (2018). *Comparing the process oriented guided inquiry learning (POGIL) method to an independently developed guided inquiry method (InDGIM) in a high school academic chemistry course* [Unpublished master's thesis]. Arcadia University.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172-223. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2006.12.001>



The Effect of Process-Oriented Guided Inquiry Learning on Motivation and Logical Thinking Skills *

Leman ALAKOYUN¹ & Özgecan TAŞTAN KIRIK²

• Received: 04.08.2022 • Accepted: 09.05.2023 • Published: 05.09.2023

Abstract

This study employed a non-equivalent control group design to investigate the effect of Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL®) on seventh grade students' motivation and logical thinking skills in a science course. There were 55 students in total, 28 students in the control group and 27 students in the experimental group. A convenient sampling method was used to select the participants. The Pure Substances and Mixtures unit was taught to the students in the control group by using the ongoing teaching method with limited interaction while POGIL was implemented in the experimental group. Group Assessment of Logical Thinking (GALT) was administered to assess the participants' logical thinking skills and the Motivation Scale of the Motivational Strategies Scale in Learning was used as the pre-test and post-test to assess their motivation for the science course. According to the results, the POGIL group had significantly higher motivation and logical thinking skills scores than the control group that used the ongoing teaching methods. Thus, it can be claimed that POGIL is an effective strategy to improve middle school students' motivation and logical thinking skills for teaching the Pure Substances and Mixtures unit.

Keywords: process oriented guided inquiry learning (POGIL), the particulate nature of matter, logical thinking skills, motivation, middle school students

* This study is derived from the first author's master's thesis. A part of the study was presented at the International Conference on Science, Mathematics, Entrepreneurship and Technology Education (FMGT) in 2019, Izmir, Türkiye, on April 12-14. It was funded by Çukurova University Scientific Research Projects Unit [SYL-2018-11246] and completed on 19.11.2020.

¹ Science Teacher, Haktanır Middle School, ORCID: 0000-0001-9454-3038, lemanalakyn@gmail.com

² Assoc. Prof. Dr., Çukurova University, ORCID: 0000-0001-8262-5458, ozge.deniz@gmail.com

Cited:

Alakoyun, L. & Taştan Kırık, Ö. (2023). The effect of process-oriented guided inquiry learning on motivation and logical thinking skills. *Pamukkale University Journal of Education*, 59, 284-303. <https://doi.org/10.9779.pauefd.1156446>

Introduction

Over the last 50 years, major educational policy organizations in the world have emphasized the importance of using inquiry-based processes in teaching science concepts and thus scientific reasoning (National Research Council [NRC], 2012; Organisation for Economic Co-Operation and Development [OECD], 2016). In the relevant literature, inquiry-based learning has been shown to be effective in developing problem-solving skills (Hmelo-Silver et al., 2007) and increasing intrinsic motivation (Albanese & Mitchell, 1993). In inquiry-based learning, the priority is for students to produce their own scientific hypotheses (Rushton et al., 2011). Many students, however, do not know how to express hypotheses, which scientific elements to emphasize or which scientific data to focus on (De Jong & Van Joolingen, 1998). Additionally, students' logical thinking skills are frequently below the desired level (Hogan & Maglianti, 2001). Based on these problems, there is a great need to support inquiry-based learning to guide students through complex learning processes and help them succeed in problem solving (Kirschner et al., 2006). This is because the acquisition of new knowledge, skills and attitudes is encouraged through questioning, problems and questioning problems by using inquiry pathways and standards (Hogan & Maglianti, 2001).

The degree of guidance in an inquiry-based learning environment is an important factor influencing student learning (Stender et al., 2018). Many studies demonstrate that guided inquiry-based learning creates positive learning outcomes, including developing practical skills that will help students prepare for life as adults (Pedaste et al., 2015; Rönnebeck et al., 2016). A meta-analysis conducted by Carolan et al. (2014) indicated that the students who received adequate guidance in inquiry-based learning learned more ($g=0.15$) than the students who were taught the same content with less guidance. Explaining scientific processes to students during structured or guided inquiry can be an important step in helping students develop an adequate understanding of the conceptual content under investigation (Lazonder & Harmsen, 2016). Providing students with explanations of scientific processes during structured or guided inquiry can be an important step in building an adequate understanding of the conceptual content under investigation (Lazonder & Harmsen, 2016). Process-Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL®) uses learning teams, guided inquiry activities to increase understanding, questions that encourage critical and analytical thinking, problem solving, reporting, metacognition and individual responsibility. These seven components are tools for developing process skills and mastering discipline content (Hanson, 2006).

Scientific reasoning skills are crucial for generating new knowledge through inquiry-based learning activities. Scientific reasoning includes “the skills of questioning, experimenting, evaluating evidence, and making inferences that serve conceptual change or scientific understanding” (Zimmerman, 2007, p. 172). Scientific reasoning requires seeking evidence to support or refute a hypothesis, reviewing initial ideas, developing a new understanding, and considering alternative hypotheses (Zeineddin & Abd-El-Khalick, 2010). Logical thinking is the mental operations that an individual uses when faced with a problem (Karplus, 1977). It includes skills such as “controlling variables”, “proportional reasoning”, “probabilistic reasoning”, “correlational reasoning” and “holistic reasoning” (Bunce & Hutchinson, 1993; Valanides, 1996). The level of logical thinking reveals information about a person's cognitive development. Higher-order thinking skills require the use of effective communication and logical thinking in tandem and students should be assisted in having such learning experiences in effective classroom environments (Rojas-Drummond & Mercer, 2003).

Previous studies have shown that inquiry-based classrooms support the development of logical thinking and scientific reasoning skills (Schlatter et al., 2022). In POGIL classes, which consist of integrating cooperative learning and the learning cycle which is an inquiry-based teaching model, students actively engage in knowledge acquisition and use higher-order thinking skills to process this information and fit it into the context of their existing mental structures (Douglas, 2013). From this perspective, POGIL may be thought to improve logical thinking skills. However, there are few studies on the effect of POGIL on logical thinking skills (Adriani et al., 2019; Zraggen, 2018). On the other hand, there are research studies which state that POGIL improves critical thinking, problem solving, creative thinking, analytical thinking, and scientific process skills at the high school and university levels (Artuz & Roble, 2021; Hanib et al., 2017; Irwanto et al., 2018; Rosadi et al., 2018; Sharma, 2022). In light of these findings, it is critical to investigate the impact of using POGIL on logical thinking skills when teaching science to middle school students.

Despite the fact that science lessons occupy an important part of school life, students' interest, attitudes, and motivation regarding science decline as they reach high school level due to the difficulty of science subjects and the lack of personal interest (Krapp & Prenzel, 2011). As students are exposed to teacher-centered teaching methods and do not have the opportunity to apply science in their daily lives, it is inevitable that their interest in and motivation towards science will decrease. Koballa and Glynn (2007) stated that science teaching cannot be explained only by examining cognitive factors and student motivation should also be taken into account. Motivation can be defined as the degree to which individuals make efforts to achieve goals that they perceive as meaningful and valuable. Motivation is a driving force; it is a kind of energy that moves people towards desired outcomes (Ashman & Gillies, 2003). Students with high motivation also have high achievement (Sevinç et al., 2011).

According to Pintrich (1988), the general expectancy-value model serves as the conceptual foundation for student motivation. There are three components related to motivation in this model: (a) Expectancy: Students' beliefs in their ability to complete a task. In this sense, the expectancy component includes students' answers to the question, "Can I do this task?" (b) Value: Students' objectives and beliefs about the task's importance, as well as their interest in the task. This component is related to the individual responses of students to the question, "Why am I doing this task?" (c) Affective component: This includes the emotional reactions of the students to the task. This component is related to students' responses to the question, "How do I feel about this task?"

There are studies investigating the affective effects of POGIL although these mostly focus on high school and college students (Ham & Myers, 2019; Şen et al., 2015; Vishnumolakala et al., 2017; Yuliastini et al., 2018). According to these studies, POGIL practices improve students' emotional satisfaction and as a result, their attitudes towards chemistry. This increase is explained by the increase in interaction between students and active participation in learning thanks to teamwork. According to Yuliastini et al. (2018), POGIL increases student motivation by making learning experience more interesting and relevant to daily life. Starting from the necessity of investigating the effects of POGIL, which has been demonstrated to have positive effects on the affective characteristics and logical thinking skills of mainly high school and university students especially in chemistry lessons in the literature, on the process of teaching chemistry concepts to secondary school students, its cognitive effects in terms of logical thinking skills and affective effects in terms of motivation in the context of the Pure Substances and Mixtures Unit were examined in this study.

What is POGIL?

POGIL is a student-centered teaching strategy or philosophy. In POGIL classrooms or laboratories, students work with their teammates on specially designed activities in accordance with the learning cycle. These activities are designed for use by self-directed teams that view the instructor as a facilitator rather than a source of information.

The three main components of POGIL are students' active participation in the process through group learning, guided inquiry activities designed according to the learning cycle, and a focus on process skill development (Moog et al., 2006). A large number of studies have indicated that students working in cooperative learning teams learn more, remember more, feel better about themselves and their friends, develop more positive attitudes towards the subject area, the course, and the teachers, and develop critical thinking skills and other process skills necessary to become independent learners (Kyndt et al., 2013; Van Leeuwen & Janssen, 2019). The learning cycle is an inquiry-based teaching and learning strategy based on the constructivist approach (Abraham, 2005). The learning cycle consists of three phases: exploration, concept invention (concept formation), and application. In the "exploration phase", students learn through their own actions and reactions as they discover new materials and ideas. Students usually begin with a model during this stage of the POGIL process and questions help them see patterns in the model. Students are frequently guided to test hypotheses or explain the patterns and relationships found in the model. The "concept invention phase" entails the introduction of a concept or relationship, as well as the use of new terms discovered during the exploration stage. The terms can be introduced by the teacher, textbook, video, or another tool. Before a concept is introduced, students should be encouraged to define it as much as possible. In the "application phase", students apply the new terms and models to new contexts. Concept application is required to broaden the applicability of concepts to new situations and the range of reasoning patterns (Lawson, 2001).

Although there are studies investigating the effectiveness of POGIL, they mainly focus on the achievement and conceptual understanding levels of high school and university students and it is pointed out that the effect of POGIL on especially middle school students should be investigated (Özkanbaş & Kırık, 2020). It is also seen that few studies conducted at the middle school level focus on physics subjects (Gülmez Güngörmez & Akgün, 2021; Jasperson, 2013).

The particulate nature of matter is considered to be the foundation of chemistry (Villagonzalo, 2014). In Turkey, the concepts related to this subject are first introduced in the sixth grade science course and this is followed by the concepts of atom, molecule, and element taught in the seventh grade (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018). Amiot (2007) highlights that a student who does not understand the particulate nature of matter properly has a great difficulty in comprehending complex chemistry concepts. Despite the importance of understanding the particulate nature of matter, students have misconceptions about it (Harrison & Treagust, 2002). POGIL has been shown to be effective in teaching chemistry concepts (especially particulate nature of matter) (Özkanbaş & Kırık, 2020; Villagonzalo, 2014). Based on this theoretical foundation, in this study POGIL was implemented with middle school students during the Pure Substances and Mixtures unit which introduced the concepts of atom, molecule, and element for the first time. In this situation, it is considered to be necessary to investigate how POGIL affects middle school students' motivation and logical thinking skills. Accordingly, the aim of this study is to examine the effect of POGIL on the 7th grade students' motivation and logical thinking skills in a science course

compared to the current teaching method. Thus, this study aims to answer the following research questions:

1. What is the effect of POGIL on the 7th grade students' motivation?
2. What is the effect of POGIL on the 7th grade students' logical thinking skills?

Method

This study adopted a non-equivalent control group design which is one of the quasi-experimental designs. The dependent variables were motivation and logical thinking skills whereas the independent variable was the teaching method used (POGIL and the current teaching method). Before the intervention, Group Assessment of Logical Thinking (GALT) and Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ) were administered to the experimental and control groups as the pre-test. Before the Pure Substances and Mixtures unit was taught, the experimental group students were given information on POGIL and how the process would work. The experimental group received instruction via POGIL for six weeks while the control group received instruction via the ongoing methods. Pure Substances and Mixtures Unit covers a variety of topics, including the particulate nature of matter (atomic structure, atomic models and molecules), pure substances (elements and compounds), mixtures and separation of mixtures. The first author delivered the lessons to both groups. The course's original teacher was also present in the classroom to guarantee that the students took it seriously but s/he refrained from interfering with the lesson's flow. The same tests were administered to both groups as the posttests after the intervention. The ethical permission for the study was obtained from Çukurova University Scientific Research and Publication Ethics Committee in the Field of Social Sciences and Humanities with its decision dated April 11, 2020 and numbered 6.

Participants

The study employed convenient sampling which is one of the non-random sampling techniques. It was conducted with voluntary students. Informed consent was obtained from all students and parents. The experimental and control groups of the study consisted of seventh grade students aged 12-13, in two classes of a middle school in Adana. One of the classes was randomly assigned as the experimental group and the other one was chosen as the control group. At the beginning of the study there were 58 students in total, 29 in the experimental group and 29 in the control group; however, some of them had to be excluded from the analysis because of outliers and missing data, which reduced the final sample size. The analyses were conducted with a total of 55 students, 27 in the experimental group (14 females and 13 males) and 28 in the control group (14 females and 14 males).

Data Collection Instruments

Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)

In this study, the MSLQ developed by Pintrich et al. (1991) was used to measure the students' motivation towards science course. The questionnaire consists of two sections, namely "Motivation" and "Learning Strategies". The motivation section which contains a total of six scales and 31 items, was used in the present study. These scales are intrinsic goal orientation (IGO), extrinsic goal orientation (EGO) and task value (TV) in the "value component"; self-efficacy for learning and performance (SELP) and control of learning beliefs (CLB) in the "expectancy component"; and test anxiety (TA) in the "affective component". The fit indices for the English version of the motivation scale were $X^2/df = 3.49$, GFI = 0.77 and RMR = 0.07. Pintrich et al. (1991) argued that although fit indices are not perfect, they are reasonable values. This is because attitudes and motivation may vary

according to the characteristics of the course, the teacher's wishes, and individual student characteristics. The reliability coefficients (Cronbach Alpha) for the English version were 0.74, 0.62, 0.90, 0.90, 0.68, 0.93, and 0.80 for IGO, EGO, TV, CLB, SELP and TA, respectively. The questionnaire was adapted into Turkish by Sungur (2004). The fit indices found as a result of confirmatory factor analysis for the Turkish version of the Motivation Scale were $X^2/df = 5.3$, $GFI = 0.77$ and $RMR = 0.11$. The reliability coefficients (Cronbach Alpha) were 0.73, 0.54, 0.87, 0.62, 0.89, and 0.62 for IGO, EGO, TV, CLB, SELP and TA, respectively.

Group Assessment of Logical Thinking (GALT)

In order to measure the students' logical thinking skills, the GALT, which originally consisted of 21 questions and reflected Piaget's cognitive thinking model, was used to measure six logical operations: conservation, proportional reasoning, combinatorial reasoning, probabilistic reasoning, correlational reasoning and controlling variables. The test developed by Roadrangka et al. (1982) is reported to have sufficient validity and reliability values that can measure logical thinking abilities of students from sixth grade to university level. The reliability of the test (Cronbach's alpha) was reported as $\alpha=0.85$. The test was translated into Turkish by Aksu et al. (1990) and the reliability value was calculated as 0.88 according to the ITEMAN program. It presents options for responses, together with the justification for each response in a two-tier multiple-choice format. Those who answer both tiers correctly receive "1" point, and those who answer one or both incorrectly receive "0" point. The authors state that the scale can be considered as a pool of questions and if needed due to time or other reasons, the number of questions can be reduced to 12 to represent the formal operations mentioned above. Considering the students' grade level and time constraints, the 12-question form was employed in this study. Students are considered as have concrete thinkers if they can correctly answer 0–4 questions, as transitional thinkers if they can correctly answer 5–7 questions, and formal (abstract) thinkers if they can correctly answer 8–12 questions (Roadrangka, 1991).

Procedures

Applications in the Control Classroom

In the control group, the ongoing teaching processes were continued based on the content of the textbook. In fact, despite the fact that the middle school science curriculum in Turkey has been revised four times (in 2005, 2013, 2017, and 2018) in accordance with the constructivist approach in order to raise scientifically literate individuals, the lessons are still delivered via teacher-centered approaches in practice. As a result, it can be claimed that there is a general failure to put the desired innovations into practice (Atila & Sözbilir, 2016; Doğan, 2010; Hazır Bıkmaz, 2006). Studies indicate that there is a mismatch between the targeted science curriculum and the science curriculum implemented by teachers. Some studies reveal that teachers change the curricula published by the Ministry of National Education according to their own preferences and the characteristics of the students (Bümen et al., 2014). Accordingly, students are mostly not active in the learning-teaching process and the lessons are teacher-centered. As a result, students are passive recipients of knowledge rather than constructors of knowledge (Atila & Sözbilir, 2016). It is stated that there are substantial differences between the methods and materials in teachers' annual plans and their actual teaching, methods such as group work are never used in the classroom, and primarily direct instruction and questioning methods are used (Öztürk, 2012).

Due to the above-mentioned reasons, in the control group in this study, expository teaching which is a teacher-centered teaching strategy with limited student-student

interaction, reflecting the teaching approach currently being applied in middle school science education throughout Turkey, was applied. In this instruction, the teacher first presented and explained the concepts of the subject and then had the students discuss the questions in the textbook through a whole-class discussion. The experiments and activities in the textbook were conducted by the teacher using the demonstration technique and the questions were also discussed in a whole-class discussion. Most of the questions discussed in class were taken from the textbook. In addition, the teacher also asked some questions prepared for the groups working in cooperation with the experimental group. Despite the teacher's encouragement for whole-class discussion, not all of the students actively participated in these discussions. Additionally, materials such as video, simulation and audio recordings used in the experimental group were also used in the control group, and relevant questions were applied by questioning and discussion methods. The experiments performed in the experimental group were also carried out in the control group by the teacher.

For example, in order to assess students' prior knowledge of molecules and make an introduction, they were asked what a molecule is. The definition of "molecule" was then provided by the teacher. In this context, atomic substances, molecular substances, molecules consisting of the same and different kinds of atoms were explained. After conceptually explaining the concept of molecule and showing the molecule models in the textbook, "Let's Create a Molecule Model Activity" was carried out in order for students to see the difference between atoms and molecules and discover the properties of molecules consisting of the same and different types of atoms (Demirkazan et al., 2018, p. 122). The students were asked to make molecule models with their classmates using different colored play dough and toothpicks, and draw the models they created on A4 papers. The students' molecule models were checked by the teacher. When the drawings were completed, the students were asked questions to explain their models. Then, "Build a Molecule" simulation (PhET, n.d.) was shown to the students by using the demonstration technique and they were asked what they observed. The teacher held a whole-class discussion to see the level of understanding of the concepts taught and then had the students take notes on the topic. In general, the lesson was taught via a deductive approach in that the concepts were first explained by the teacher and then verified by the students' activities.

Applications in the Experimental Classroom

POGIL was used to deliver science lessons in this group. Before the intervention, the students were informed about POGIL, the expected behaviors of the students and groups for one class session. According to the original teacher's recommendations, the students were divided into three groups based on their achievement levels: lower, middle, and upper. The researchers divided the participants into seven groups (six groups of four and one group of five), which were heterogeneous in terms of gender and achievement. Each team member was assigned roles such as leader, spokesperson, recorder, and reflector. The teacher assigned the roles for the first time, and the students were asked to switch roles weekly, each time in a different role. The leader manages the group, ensuring that the assigned tasks are completed. He/she makes sure that the members actively participate in all activities and that each member fully understands the concepts and subject being studied. He/she also ensures that the group communicates effectively with the teacher. The spokesperson communicates the group findings to the whole class through any medium of the teacher's choice (oral presentation or whiteboard, etc.). On behalf of the group, he/she asks the teacher what the group does not understand. The recorder prepares the completed exercises to be given to the teacher and thus represents the collective written voice of the group. Finally, the reflector identifies where the group is doing well and where there is room for improvement, shares

this with the group members and helps the group to develop strategies to improve its performance (Farrel et al., 1999). In the groups of five, two people assumed the role of reflector.

Cooperative learning teams worked on the activity sheets based on the learning cycle. The activity sheets included questions to develop students' questioning and critical thinking skills. POGIL activities for teaching chemistry course topics for high school and university level students are electronically available (POGIL, 2022). Since there were no accessible POGIL activities in the literature at the time of the research that included the concepts in the Pure Substances and Mixtures Unit for middle school students, the activity sheets used in this study were prepared by the researchers. In this process, accessible POGIL activities were examined to understand the design and organizational structure of the activities (Hanson, 2011; Moog & Farrell, 2011). In addition, the activities in the science textbook (Demirkazan et al., 2018) and the websites of important scientific societies that offer chemistry activities suitable for inquiry-based teaching (American Chemical Society [ACS], 2023; PhET, 2023; Royal Society of Chemistry [RSC], 2023, n.d.) were utilized. The questions in the activity sheet require exploration using a given model, data set, or experiment in accordance with the learning cycle, creating and explaining the discovered phenomena through team discussion of higher-order thinking questions, and applying these concepts through solving different problem situations. The students did all the tasks on the activity sheets together with their groupmates. Meanwhile, the teacher walked among the teams, eavesdropped on the discussions and encouraged the discussions by asking questions. Instead of giving the answers at the points where the students had difficulties, s/he ensured that they reached the answer by themselves with the questions that required higher-order thinking. Afterwards, students shared their answers with those of the other groups in the whole-class discussion and defended their claims using scientific support in case of opposing views. In this sense, the whole-class discussion provides the opportunity to see each other's reasoning, make argumentation and finally reach scientific understanding (Becker et al., 2015).

One of the important components of the process is the use and development of metacognition. Group members continuously reflected on what they did and why they did it. For this purpose, a Group Self-Assessment Form prepared by the researchers was distributed to the groups every week. Through this form, the teams evaluated their learning in the process and their group performance during teamwork, and developed strategies to improve their skills. They shared their self-evaluations with the whole class and reflected on them. They then submitted the completed form to the teacher.

Results

Motivation

The data were analyzed through the SPSS-20 program. After checking the assumptions, an independent samples t-test was conducted for each scale to determine whether there was a statistically significant difference between the groups in terms of pre-MSLQ scores. Performing separate t-tests or ANOVA on interrelated dependent variables may lead to an increase in Type 1 error (Pallant, 2007). Although MANOVA is an analysis technique that controls this risk, it was not used for these data because its assumptions were not met. Another way to control the risk of Type 1 error is Bonferroni correction. For this correction, the alpha value (0.05) is divided into the number of dependent variables (Pallant, 2007). In the present study, the alpha value for the pre and post-MSLQ data was taken as 0.0083, which was obtained by dividing 0.05 into six, the number of dependent variables. Thus, according to the results of the independent samples t-test for the pre-MSLQ scales, there

were no significant differences between the groups in terms of IGO, EGO, TV, CLB, SELP and TA. This shows that the compared groups were similar in terms of motivational characteristics before the intervention. The results of the t-tests and descriptive statistics are provided in Table 1.

Table 1*Descriptive Statistics and t-test Results for Pre-MSLQ Scales*

Dependent variable	Experimental Group		Control Group		t(53)	p
	Mean	SD	Mean	SD		
Intrinsic goal orientation (IGO)	18.25	7.66	21.67	4.42	-2.017	0.050
Extrinsic goal orientation (EGO)	20.03	6.65	24.03	3.57	-2.762	0.009
Task value (TV)	28.77	11.11	35.32	4.76	-2.819	0.009
Control of learning beliefs (CLB)	19.18	7.36	22.92	3.85	-2.347	0.024
Self-efficacy for learning and performance (SELP)	37.66	13.74	40.00	9.21	-0.737	0.465
Test Anxiety (TA)	19.03	4.54	22.03	5.13	-2.289	0.026

Significance level= 0.0083

After the assumptions were checked, an independent samples t-test was conducted to see whether there was a difference between the groups in terms of the post-MSLQ scales. According to the results, there is a significant difference between the groups in favor of the experimental group in terms of IGO, TV, CLB and SELP and in favor of the control group in terms of EGO. The results of the t-tests and descriptive statistics are provided in Table 2.

Table 2*Descriptive Statistics and t-test Results for Post-MSLQ Scales*

Dependent variable	Experimental Group		Control Group		t(53)	p	Partial η^2
	Mean	SD	Mean	SD			
Intrinsic goal orientation (IGO)	26.59	2.32	21.64	4.27	5.356	0.000	0.347
Extrinsic goal orientation (EGO)	20.22	6.46	24.10	3.33	-2.785	0.007	0.130
Task value (TV)	38.96	2.84	35.17	4.36	3.822	0.000	0.214
Control of learning beliefs (CLB)	25.59	2.84	22.92	3.52	3.076	0.003	0.151
Self-efficacy for learning and performance (SELP)	51.48	3.26	40.32	8.54	6.443	0.000	0.432
Test Anxiety (TA)	19.92	4.61	23.10	6.09	-2.176	0.034	0.082

Significance level= 0.0083

The partial η^2 values in Table 2 show that the effect size of the differences between the groups, especially in the SELP, IGO, and TV, is quite large. POGIL explained 34.7% of the variance in the experimental group's IGO scores, 21.4% of the variance in TV scores, 15.1% of the variance in CLB scores, and 43.2% of the variance in SELP scores. On the other hand, at the end of the process, there was a significant increase in the EGO scores of the control group compared to the experimental group. The direct instruction applied in the control group explained 13% of the variance in EGO scores.

Logical Thinking Skills

Before the intervention, pre-GALT scores were compared to determine whether the logical thinking skills of the groups were similar. Since the pretest data were not normally distributed, Mann Whitney U test was used for comparison. According to the results, there was no significant difference between the groups in terms of pre-GALT scores. This finding shows that the compared groups were similar in terms of logical thinking skills before the intervention. Descriptive statistics and Mann-Whitney U test results are provided in Table 3.

Table 3

Descriptive Statistics and Mann-Whitney U Results for Pre-GALT

Group	N	Mean Rank	Sum of Ranks	U	p
Experimental	27	25.37	685.00	307.0	0.219
Control	28	30.54	855.00		

Significance level= 0.0083

An independent samples t-test was conducted to examine whether there was a difference between the groups in terms of post-GALT scores. According to the results, there is a significant difference between the groups in favor of the experimental group. The t-test results and descriptive statistics are demonstrated in Table 4.

Table 4

Descriptive Statistics and t-test Results for Post-GALT

Group	Mean	SD	t	df	p	Partial η^2
Experimental	3.51	2.19	3.618	53	0.001	0.20
Control	1.06	1.68				

Significance level= 0.05

As it is seen in Table 4, POGIL explains 20% of the variance in the post-GALT scores of the experimental group students. The partial η^2 value (0.20) demonstrates that the effect size is large.

Discussion and Conclusion

The results of this study demonstrate that POGIL substantially enhanced middle school students' motivation in a science class. Specifically, students in this group displayed improvements in self-efficacy for learning and performance, intrinsic goal orientation, task value, and control of learning beliefs with a larger effect size than the whole-class discussion group (partial η^2 values are 0.432, 0.347, 0.214, and 0.151, respectively). Self-efficacy for learning and performance refers to expectancy for success and self-efficacy. Expectancy for success is a term that applies to expectations regarding task performance. Self-efficacy, on the other hand, includes judgments about a person's ability to accomplish the task and their confidence in their ability to perform that task (Pintrich et al., 1991). In this sense, it can be claimed that POGIL increased the students' expectancy of success and self-efficacy. POGIL activates students to invent concepts inductively and autonomously. Students take responsibility for their own learning. Student engagement is considered as an important factor in increasing motivation. The cooperative learning component of POGIL enables students to assume responsibility by taking roles in teams and develops self-confidence and teamwork skills through positive social relationships (Yuliastini et al., 2018). Qureshi et al. (2017) attributed the increase in students' self-efficacy in the POGIL environment to the guidance and support provided by the teacher. Given the challenging nature of POGIL

activities, the role of teacher guidance and facilitative behaviors in increasing students' self-efficacy and achievement expectations in this process becomes critical. It is stated that students who improve their self-efficacy have higher expectations for success (Glazer, 2015). The positive effect of POGIL on self-efficacy related to learning and performance found in this study is consistent with previous research (DeGale & Boisselle, 2015; Qureshi et al., 2017).

The results of this study demonstrate that middle school students' perceptions of intrinsic goal orientation, another dimension of motivation, also improved in the POGIL environment. Having intrinsic goal orientation related to an academic task indicates that a student performs that task for reasons such as enjoyment, curiosity, preference, or desire, which are indicators of intrinsic motivation, rather than external influences such as getting high grades or recognition (Pintrich et al., 1991). Rannikmäe and Holbrook (2009) claim that students' intrinsic motivation can be increased by making science learning interesting and more personally relevant to students. POGIL activities use problems taken from real-world contexts. These problems have the characteristics of developing process skills, arousing students' interest, and relating concepts to current world problems and other fields (Hanson, 2006). In addition, in the POGIL environment, students' receiving peer support in collaborative groups and gathering different individual skills together may have made them eager to succeed. Kırık and Boz (2012) reported that in a cooperative learning environment, students think that working together is more fun than working alone and thus their intrinsic motivation increases. In parallel with the findings of this study, Geiger (2010) and Şen et al. (2015) report that students were more interested in learning chemistry and happier when POGIL was used. Şen et al. (2015) explain this situation with the fact that POGIL uses metacognition. In POGIL, students use metacognition as they take responsibility for their own learning, monitor their own learning (self-direction and self-regulation), and evaluate what they have learned and what they do not understand (reflections on learning), which increases students' interest in the lesson.

Task value is the learner's assessment of how interesting, important and useful the task is. High task value leads to greater involvement in one's own learning. In this study, the students in the POGIL group had higher task value, which indicates that they found the course material more interesting, important and useful (Pintrich et al., 1991). In parallel to this statement, Qureshi et al. (2017) reported that university students understood the importance of POGIL tasks applied in the context of a chemistry course. In the POGIL environment, students find POGIL tasks useful because they can easily get help from their peers and the teacher (Ham & Myers, 2019). The fact that students' sense of curiosity is activated may be effective in making them consider POGIL tasks more interesting and important (Rahayu et al., 2018). In addition, the increase in the intrinsic motivation of the POGIL group demonstrates that they fulfill the tasks in the POGIL materials with intrinsic incentives such as finding them important and useful, and being curious.

High control of learning beliefs indicates that students believe that their learning outcomes depend on their own efforts rather than external factors such as the teacher (Pintrich et al., 1991). The results of this study suggest that the middle school students who were taught science via POGIL believed that they had more personal control over their own learning and attributed their learning outcomes to their own efforts compared to the group taught with ongoing teaching methods. The activities used in the POGIL classroom enable students to interact more with each other, take more responsibility through the assigned roles while performing the activity tasks, and thus become more involved in their own learning (Hanson, 2006). The students carried out the guided inquiry activities in self-directed teams.

Some studies in the literature indicate that POGIL also increases high school and university students' belief in their control over their own learning (Şen et al., 2015; Vishnumolakala et al., 2017).

Another motivation-related finding of this study is that the ongoing teaching method increased the students' beliefs about extrinsic goal orientation more than the POGIL. Individuals with high extrinsic goal orientation are more interested in high scores, rewards, or comparisons of their performance with others rather than the task itself (Pintrich et al., 1991). Although some activities were used to increase student participation in the control group where expository teaching with whole-class discussion was used, student participation remained at a very low level compared to the POGIL group since student-student interaction was very limited. Contrary to the science lesson curriculum, in Turkey's science classrooms, as in the control group, teacher-centered teaching methods with almost no interaction between students are preferred. This situation results in inadequate achievement of the outcomes in the program (Bümen & Yazıcılar, 2020; Değirmenci & Doğru, 2019). Teacher-centered practices generally result in students' dependency on external influences to learn. Extrinsic rewards reduce intrinsic motivation and may negatively affect performance outcomes by triggering the idea that the person is more controlled (Ryan & Deci, 2000).

In this study, POGIL increased the logical thinking skills of the 7th grade students with a large effect size ($\eta^2=0.20$) compared to the ongoing teaching method. While the mean score of the POGIL group increased by 2 points at the end of the instruction, that of the control group decreased by 0.5 points. Lawson (1995) reported that the learning cycle improved students' reasoning skills. According to Vygotsky (1978), individuals with low ability can develop more complex understanding with the cooperation or help of a more skilled peer or an expert than they can do alone. Scaffolding is an excellent way to develop students' higher order thinking skills (Rosenshine & Meister, 1992). The students in this study had the opportunity to obtain this support through peer interactions and discussions in their teams by using POGIL. Thus, the substantial increase in logical thinking skills can be explained by the activities in POGIL that are appropriate for the learning cycle and the collaborative teams with high self-management. POGIL activities are too complex to be solved by students' usual reasoning styles and thus require teamwork (Hanson, 2006).

While teacher-centered methods can be effective in teaching the content, rules, and methods of a subject, they are not successful in supporting students' participation in processes in which they can reflect on their understanding and higher-order thinking styles (Rickey & Stacy, 2000). On the other hand, POGIL uses metacognition in a way that allows students to evaluate the strategies used by both themselves and other teams to identify their own learning, the strengths and areas of improvement of their teams, and their problem-solving visions (Bransford et al., 2000; Hanson, 2006). In this way, students' reasoning skills can be improved. Abdullah and Shariff (2008) also found that inquiry-based computer simulations with mixed ability collaborative groups improved high school students' reasoning skills in the chemistry lessons. Lavoie (1999) also indicated that the prediction and discussion-based learning cycle improved process skills and logical thinking skills more than the traditional learning cycle. They explained this finding by the fact that peer-to-peer discussions, especially conflicting-opposite predictions, are enhanced by students' use of logical thinking processes. In this study, students had conflicting opinions during team discussions and their logical thinking skills may have been activated in reaching a common decision. It is stated that GALT is a predictor of both critical thinking skills and achievement in science and mathematics courses (Bunce & Hutchinson, 1993). The increase in GALT

scores in this study suggests that student achievement and critical thinking skills may also have improved.

In sum, in this study, it was concluded that POGIL had important effects on both student motivation and logical thinking skills in a middle school science course. Based on these findings, the effects of POGIL on different affective outcomes other than motivation can be investigated at middle school level. In addition, considering that MDGT scores predict achievement and critical thinking skills, the effects of POGIL on students' conceptual understanding levels and other higher order thinking skills in the Pure Substances and Mixtures unit can be investigated. Indeed, Özkanbaş and Kırık (2020) found that POGIL improved sixth grade students' achievement in the unit on the particulate nature of matter. In fact, although data revealing students' achievement were collected in this process, the findings could not be presented in this study due to space limitations. In addition, the effect of applying POGIL in different subjects and at different grade levels in the middle school science courses can be investigated.

Limitations

In this study, the participants were not assigned individually but were assigned to the groups by class because the classes were predetermined by the school administration. The length of the intervention was limited to six weeks and only the topics of "particulate nature of matter (atomic structure, atomic models, molecule)", "pure substances (elements and compounds)", "mixtures" and "separation of mixtures" in the Pure Substances and Mixtures unit were covered. Therefore, it could be argued that this time frame is too short to fully observe POGIL's effects (Qureshi et al., 2017). Using POGIL in teaching science subjects throughout the whole semester may provide a better measurement of the effects, but not all subjects may be suitable for teaching through POGIL and since it is difficult to develop POGIL materials, activities may not be available for all of them. The shorter time period, scope and sample size of this study also limit its conclusions. In addition, a different person delivered the lessons to the students even though their original teacher was present. Since the original teacher did not have enough theoretical and practical knowledge about POGIL, cooperative learning and inquiry-based learning, the first author, an experienced science teacher who was conducting a thesis on POGIL at the time of the study, delivered the lessons. Therefore, the students' behaviors may have been affected, but since this situation was also valid for the control group, it is thought that the effects were the same for both groups. A possible external validity threat in the study is the influence of the researcher. The fact that the teacher was also the one conducting the research raises the possibility that s/he might unintentionally acted in favor of those in the experimental group. However, the teacher tried to treat both groups in the same way. Another limitation of the study is that the POGIL activities developed were not certified by POGIL experts, so the teaching may not be fully representative of POGIL. Although the researchers analyzed a large number of POGIL materials before developing the course materials, they did not participate in any workshops. Nevertheless, a large number of materials developed in accordance with the learning cycle were helpful in developing the POGIL activities.

Ethical Approval: *This research was carried out with the permission of Çukurova University Scientific Research and Publication Ethics Committee in the Field of Social and Human Sciences, with the decision no. 6, dated 04/11/2020.*

Conflict Interest: *There is no conflict of interest.*

Authors Contributions: *The authors contributed equally to the study.*

Rereferences

- Abdullah, S., & Shariff, A. (2008). The effects of inquiry-based computer simulation with cooperative learning on scientific thinking and conceptual understanding of gas laws. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 4(4), 387–398. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75365>
- Abraham, M. R. (2005). Inquiry and the learning cycle approach. In N. J. Pienta, M. M. Cooper, and T. J. Greenbowe (Eds), *Chemists' guide to effective teaching* (pp. 41-52). Prentice Hall.
- Aksu, M., Berberoğlu, G., & Paykoç, F. (1990). *Can the GALT test be used in a different cultural setting?* (Research Report). Ankara: METU.
- Albanese, M. A., & Mitchell, S. (1993). Problem-based learning. A review of literature on its outcomes and implementation issues. *Academic Medicine*, 68(1), 52–81.
- American Chemical Society [ACS]. (2023). *Middle school chemistry: Lesson plans*. [Available online at <https://www.middleschoolchemistry.com/lessonplans/>], Retrieved on January 10, 2019.
- Amiot, L. M. (2007). *The particulate nature of polyatomic ions: An exploratory study using molecular drawing software*. [Doctoral dissertation, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College]. https://digitalcommons.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4550&context=gradschol_dissertations
- Andriani, S., Nurlaelah, E., & Yulianti, K. (2019). The effect of process oriented guided inquiry learning (POGIL) model toward students' logical thinking ability in mathematics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(4), 1-5. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/4/042108>
- Artuz, J. K. A., & Roble, D. B. (2021). Developing students' critical thinking skills in mathematics using online-process oriented guided inquiry learning (O-POGIL). *American Journal of Educational Research*, 9(7), 404–409. <https://doi.org/10.12691/education-9-7-2>
- Ashman, A., & Gillies, R. (Eds.). (2003). *Cooperative learning: The social and intellectual outcomes of learning in groups*. Routledge.
- Atila, M. E., & Sözbilir, M. (2016). Fen ve teknoloji dersi öğretim programındaki yapılandırmacılığa dayalı öğelerin öğretmenler tarafından uygulanışı: Nitel bir çalışma [Application of constructivist principles in science and technology curriculum into practice by teachers]. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 1418-1457.
- Becker, N., Stanford, C., Towns, M., & Cole, R. (2015). Translating across macroscopic, submicroscopic, and symbolic levels: the role of instructor facilitation in an inquiry-oriented physical chemistry class. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4), 769–785. <https://doi.org/10.1039/C5RP00064E>
- Bransford, J., Brown, A. L., & Cocking, R. E. (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. National Academy Press.
- Bunce, D. M., & Hutchinson, K. D. (1993). The use of the GALT (Group Assessment of Logical Thinking) as a predictor of academic success in college chemistry. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 183-187. <https://doi.org/10.1021/ed070p183>

- Bümen, N. T., Çakar, E., & Yıldız, D. G. (2014). Türkiye’de öğretim programına bağlılık ve bağlılığı etkileyen etkenler [Curriculum fidelity and factors affecting fidelity in the Turkish contex]. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(1), 203-228.
- Bümen, N.T., & Yazıcılar, Ü. (2020). Öğretmenlerin öğretim programı uyarlamaları üzerine bir durum çalışması: Devlet ve özel lise farklılıkları [A case study on the teachers' curriculum adaptations: Differences in state and private high school]. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 40(1), 183-224. <https://doi.org/10.17152/gefad.595058>
- Carolan, T. F., Hutchins, S. D., Wickens, C. D., & Cumming, J. M. (2014). Costs and benefits of more learner freedom: Meta-analyses of exploratory and learner control training methods. *Human Factors*, 56(5), 999–1014. <https://doi.org/10.1177/0018720813517710>
- Değirmenci, A., & Doğru, M. (2019). İlkokul 4. sınıf fen bilimleri dersi öğretim programı maddeyi tanıyalım ünitesi kazanımlarının gerçekleşme düzeyinin değerlendirilmesi [The evaluation of realization level of gains of let’s know about substance unit in 4th grade science curriculum in primary school]. *Gazi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 5(1), 102-121.
- Demirkazan, Y. K., Kalik, G. & Öcal, K. (2018). *Ortaokul ve imam hatip ortaokulu fen bilimleri 7 ders kitabı [Middle school and imam hatip middle school science textbook 7]*. Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları.
- De Gale, S., & Boisselle, L. N. (2015). The effect of POGIL on academic performance and academic confidence. *Science Education International*, 26(1), 56-79.
- De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179–201. <https://doi.org/10.3102/00346543068002179>
- Doğan, Y. (2010). Fen ve teknoloji dersi programının uygulanması sürecinde karşılaşılan sorunlar [The problems encountered during the implementation of science and technology curriculum]. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(1), 86-106.
- Douglas, E. (2014). *Introduction to materials science and engineering: A guided inquiry*. Pearson Higher Education.
- Farrell, J. J., Moog, R. S., & Spencer, J. N. (1999). A guided-inquiry general chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 570. <https://doi.org/10.1021/ed076p570>
- Geiger, M. (2010). Implementing POGIL in allied health chemistry courses: Insights from process education. *International Journal of Process Education*, 2(1), 19-34.
- Glazer, N. (2015). Student perceptions of learning data-creation and data-analysis skills in an introductory college-level chemistry course. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), <https://doi.org/338–345>. [10.1039/C4RP00219A](https://doi.org/10.1039/C4RP00219A)
- Gülmez Güngörmez, H., & Akgün, A. (2020). Kavram yanlışlarının giderilmesinde süreç odaklı rehberli sorgulayıcı öğrenme ortamının etkisi: Kuvvet ve enerji ünitesi örneği [The effect of the process oriented guided inquiry learning environment on the elimination of concept mistakes; example force and energy unit]. *Journal of History School*, 49, 4118-4147. <http://dx.doi.org/10.29228/Joh.45680>

- Ham, Y., & Myers, B. (2019, February). Supporting guided inquiry with cooperative learning in computer organization. *SIGCSE 2019: Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 273–279. <https://doi.org/10.1145/3287324.3287355>
- Hanib, M. T., Suhadi, S., & Indriwati, S. E. (2017). Science processing skill improvement through POGIL. *Jurnal Pendidikan Sains*, 5(4), 118–122.
- Hanson, D. M. (2006). *Instructor's guide to process-oriented guided-inquiry learning*. Pacific Crest.
- Hanson D. (2011). *General chemistry: Guided explorations*. (2nd ed.). Brooks/Cole.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2002). The particulate nature of matter: Challenges in understanding the submicroscopic world. In *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 189-212). Springer, Dordrecht.
- Hazır Bıkmaz, F., (2006). Yeni ilköğretim programları ve öğretmenler [New elementary curricula and teachers]. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 39(1), 97-116. https://doi.org/10.1501/Egifak_0000000125
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Hogan, K., & Maglienti, M. (2001). Comparing the epistemological underpinnings of students' and scientists' reasoning about conclusions. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(6), 663–687. <https://doi.org/10.1002/tea.1025>
- Irwanto, Saputro, A. D., Rohaeti, E., & Prodjosantoso, A. K. (2018). Promoting critical thinking and problem solving skills of preservice elementary teachers through process-oriented guided-inquiry learning (POGIL). *International Journal of Instruction*, 11(4), 777–794. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.11449a>
- Jasperson, J. (2013). *The effects of guided inquiry on students' understanding of physics concepts in the middle school science classroom*. [Master's thesis, Montana State University]. Bozeman, Montana. <https://scholarworks.montana.edu/xmlui/bitstream/handle/1/2794/JaspersonJ0813.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Karplus, R. (1977). Science teaching and the development of reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 14 (2), 169-175. <https://doi.org/10.1002/tea.3660140212>
- Kırık, Ö. T., & Boz, Y. (2012). Cooperative learning instruction for conceptual change in the concepts of chemical kinetics. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(3), 221-236. <https://doi.org/10.1039/C1RP90072B>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- Koballa, T. R., Jr., & Glynn, S. M. (2007). Attitudinal and motivational constructs in science learning. In *Handbook of research on science education* (pp. 75–102). Lawrence Erlbaum.

- Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), 27–50. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518645>
- Kyndt, E., Raes, E., Lismont, B., Timmers, F., Cascallar, E., & Dochy, F. (2013). A meta-analysis of the effects of face-to-face cooperative learning. Do recent studies falsify or verify earlier findings? *Educational Research Review*, 10, 133–149. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.02.002>
- Lavoie, D. (1999). Effects of emphasizing hypothetico-predictive reasoning within the science learning cycle on high school student's process skills and conceptual understandings in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1127–1147. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199912\)36:10<1127::AID-TEA5>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199912)36:10<1127::AID-TEA5>3.0.CO;2-4)
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Wadsworth Publishing Company.
- Lawson, A. E., (2001). Using the learning cycle to teach biology concepts and reasoning patterns, *Journal of Biological Education*, 35(4), 165-169. <https://doi.org/10.1080/00219266.2001.9655772>
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627>
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB] (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (İlkokul ve Ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar) [Science course curriculum (Elementary and middle school grades 3, 4, 5, 6, 7 and 8)]*.
- Moog, R. S., & Farrell, J. J., (2011). *Chemistry: A guided inquiry*. (5th ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Moog, R. S., Spencer, J. N., & Straumanis, A. R. (2006). Process-oriented guided inquiry learning: POGIL and the POGIL project. *Metropolitan Universities*, 17(4), 41-52.
- National Research Council [NRC] (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, cross-cutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press.
- Organisation for Economic Co-Operation and Development [OECD]. (2016). *PISA 2015 results in focus: PISA (Vol. 1)*. OECD Publishing.
- Özkanbaş, M., & Kırık, Ö. T. (2020). Implementing collaborative inquiry in a middle school science course. *Chemistry Education Research and Practice*, 21, 1199-1217. <https://doi.org/10.1039/C9RP00231F>
- Öztürk, İ. H. (2012). Öğretimin planlanmasında öğretmenin rolü ve özerkliği: Ortaöğretim tarih öğretmenlerinin yıllık plan hazırlama ve uygulama örneği [Teacher's role and autonomy in instructional planning: The case of secondary school history teachers with regard to the preparation and implementation of annual instructional plans]. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 12, 271-299.
- Pallant, J. (2007). *SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using SPSS for Windows*. Open University Press
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., et al. (2015). Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle.

Educational Research Review, 14, 47 –61.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>

- Pintrich, P. R. (1988). A process-oriented view of student motivation and cognition. In J. S. Stark & L. Mets (Eds.), *Improving teaching and learning through research. New directions for institutional research*, 57 (pp. 55-70). Jossey-Bass.
- PhET (n.d.). *Bir molekül yapalım*. Retrieved January 12, 2019, from https://phet.colorado.edu/sims/html/build-a-molecule/latest/build-a-molecule_tr.html
- PhET (2023). *Etkinliklere gözet*. Retrieved January 5, 2019, from https://phet.colorado.edu/tr/teaching-resources/browse-activities?sims=all&types=all&subjects=CHEMISTRY&levels=MIDDLE_SCHOOL&locales=all&query=bir+molekul%C3%BCI+yapal%C4%B1m
- Pintrich, P. R., Smith, D., Garcia, T., & McKeachie, W. (1991). *A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)* (Report No. NCRIPAL-91-B-004). National Center for Research to Improve Postsecondary Teaching and Learning. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED338122.pdf>
- POGIL (2022). *POGIL curricular materials*. Retrieved on December 10, 2018, from <https://pogil.org/curricular-materials>
- Qureshi, S., Vishnumolakala, V. R., Southam, D. C., & Treagust, D. F. (2017). Inquiry-based chemistry education in a high-context culture: A Qatari case study. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(6), 1017-1038. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9735-9>
- Rahayu, S., Aldresti, F., & Fajaroh, F. (2019). Improving the quality of learning environment through Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) enriched by socioscientific issues (SSI) on chemistry solution. *Proceeding of the 4th International Conference on Education*, 4(2), 76-86. <https://doi.org/10.17501/24246700.2018.4210>
- Rannikmae, M., & Holbrook, J. (2009). The meaning of scientific literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(3), 275-288.
- Rickey, D., & Stacy, A. M. (2000). The role of metacognition in learning chemistry. *Journal of Chemical Education*, 77(7), 915. <https://doi.org/10.1021/ed077p915>
- Roadranga, V. (1991). The construction of a group assessment of logical thinking (GALT). *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 12(2), 148-154.
- Roadranga V., Yeany, R. H. & Padilla M. J. (1982). *Group test of logical thinking*. University of Georgia, Athens, GA.
- Rojas-Drummond, S., & Mercer, N. (2003). Scaffolding the development of effective collaboration and learning. *International Journal of Educational Research*, 39, 99–111. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(03\)00075-2](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(03)00075-2)
- Rosadi, I., Sunarno, W., & Article, H. (2018). The effectiveness of Process-Oriented Guided Inquiry Learning to improve students' analytical thinking skills on excretory system topic. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 10(3), 684–690.
- Rosenshine, B. & Meister, C. (1992). The use of scaffolds for teaching higher level cognitive strategies. *Educational Leadership*, April, 26-33.

- Royal Society of Chemistry [RSC] (n.d.). *Chemical misconceptions II - An analogy for the atom*. Retrieved on January 13, 2019 from <https://edu.rsc.org/download?ac=13333>
- Royal Society of Chemistry [RSC] (2023). *Education: Inspiring your teaching and learning*. Retrieved on January 13, 2019, from <https://edu.rsc.org/searchresults?qkeyword=&PageSize=10%20&%20108%20parameters=WVFACET5%7C115500%2CWVFACET2%7C115153%2CWVF%20ACET2%7C115155&cmd=AddPm&val=WVFACET2%7C115154>
- Rönnebeck, S., Bernholt, S., & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground—A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161–197. <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351>
- Rushton, T. G. Lotter, C. & Singer, J. (2011). Chemistry teachers' emerging expertise in inquiry teaching: The effect of a professional development model on beliefs and practice. *Journal of Science Teacher Education*, 22, 23-52. <https://doi.org/10.1007/s10972-010-9224-x>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). When rewards compete with nature: The undermining of intrinsic motivation and self-regulation. In C. Sansone & J. M. Harackiewicz (Eds.), *Intrinsic and extrinsic motivation: The search for optimal motivation and performance* (pp. 13–54). Academic Press.
- Schlatter, E., Molenaar, I., & Lazonder, A. W. (2020). Individual differences in children's development of scientific reasoning through inquiry-based instruction: Who needs additional guidance? *Frontiers in Psychology*, 11, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00904>
- Sevinc, B., Ozmen, H., & Yigit, N. (2011). Investigation of primary students' motivation levels towards science learning. *Science Education International*, 22(3), 218-232.
- Sharma, T. (2022). Promoting creative thinking with process oriented guided inquiry learning (POGIL). *The Journal of Oriental Research Madras*, 92(47), 43–49.
- Stender, A., Schwichow, M., Zimmerman, C., & Härtig, H. (2018). Making inquiry-based science learning visible: the influence of CVS and cognitive skills on content knowledge learning in guided inquiry. *International Journal of Science Education*, 40(15), 1812–1831. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1504346>
- Sungur, S. (2004). *An implementation of problem based learning in high school biology courses* [Unpublished doctoral dissertation]. Middle East Technical University.
- Şen, Ş., Yılmaz, A., & Geban, Ö. (2015). The effects of Process Oriented Guided Inquiry Learning environment on students' self-regulated learning skills. *Problems of Education in the 21st Century*, 66, 54–66.
- Valanides, N. C. (1996). Formal reasoning and science teaching. *School Science and Mathematics*, 96 (2), 99-111. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1996.tb15818.x>
- Van Leeuwen, A., & Janssen, J. (2019). A systematic review of teacher guidance during collaborative learning in primary and secondary education. *Educational Research Review*, 27, 71-89. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.02.001>
- Villagonzalo, E. C. (2014, March 6-8). *Process oriented guided inquiry learning: An effective approach in enhancing students' academic performance*. [Conference presentation]. DLSU Research Congress, De La Salle University, Manila, Philippines

- 2(1), 1-6. <https://www.dlsu.edu.ph/wp-content/uploads/pdf/conferences/research-congress-proceedings/2014/LLI/LLI-I-007-FT.pdf>
- Vishnumolakala, V. R., Southam, D. C., Treagust, D. F., Mocerino, M., & Qureshi, S. (2017). Students' attitudes, self-efficacy and experiences in a modified processoriented guided inquiry learning undergraduate chemistry classroom. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(2), 340-352. <https://doi.org/10.1039/C6RP00233A>
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press. Wadsworth Publishing Company.
- Yuliastini, I. B., Rahayu, S., Fajaroh, F., & Mansour, N. (2018). Effectiveness of POGIL with ssi context on vocational high school students' chemistry learning motivation. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1), 85–95.
- Zeineddin, A. & Abd-El-Khalick, F. (2010). Scientific reasoning and epistemological commitments: Coordination of theory and evidence among college science students. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(9), 1064– 1093. <https://doi.org/10.1002/tea.20368>
- Zraggen, S. (2018). *Comparing the process oriented guided inquiry learning (POGIL) method to an independently developed guided inquiry method (InDGIM) in a high school academic chemistry course* [Unpublished master's thesis]. Arcadia University.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172-223. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2006.12.001>