Elementary Education Online, 5(1), 65-72, 2006.
İlköğretim Online, 5(1), 65-72, 2006. [Online]: http://ilkogretim-online.org.tr

ÇEVİRİ

Creativity and Mathematics Education**

Hartwig Meissner

ABSTRACT. This study starts with the examples and elaborates only a few aspects of "which are the mental processes to further creative thinking in mathematics education?" We must further individual and social abilities, we need challenging problems, and the nature of activities in the classroom must integrate more spontaneous ideas and more (unconscious and intuitive) common-sense knowledge.

Key Words: Creativity, Challenges, Vorstellungen, Subjective Domain Of Experiences, Cognitive Aspects, Polarity in Thinking, Common Sense

Yaratıcılık ve Matematik Eğitimi

Çevirenler:

Dr. Hülya Gür[1], Mehmet Ali Kandemir[1]

[1] Balıkesir Üniversitesi

ÖZ. Çalışmada teorik analiz ve birkaç örneğe yer verilecektir. "*Matematik eğitimindeki yaratıcı düşünceyi geliştirmek için hangi zihinsel süreçlere gerek vardır*?" sorusuna ayrıntılı bir şekilde cevap aranmaktadır. Sınıfta etkinlikler yaparken bireysel ve sosyal yetenekler irdelenmeli, meydan okuyan problemlere yer verilmeli, farklı fikirlere açık olunmalıdır.

Anahtar Sözcükler: Yaratıcılık, Meydan Okuyucular, Kavram Yapıları, Öznel Deneyim Alanları, Bilişsel Durumlar, Düşüncede Kutupluluk, Sağduyu

1. PROBLEM ÇÖZME VE YARATICILIK

Matematiksel problem çözme, Kienel (1977) tarafından beş kategoride incelenmiştir. 1. tip problemler bir kural, algoritma veya bir işlem uygulanarak çözülebilir. 1.tip problemlerde kural, algoritma veya işlem açıkça ifade edilir. 2.tip problemlerde kural, algoritma veya işlem, problemi çözen tarafından bilinir ama açıkça ifade edilmez. 3.tip problemler; kurallar, algoritmalar veya işlemler, problemi çözen tarafından bilinen kuralların, algoritmaların veya işlemlerin birleştirilmesi yoluyla oluşur. 1. ve 3. tip problemler bir kural, algoritma veya bir işlem uygulanarak çözülebilir. 4.tip problemlere sözel olarak " günlük hayatta karşılaşılan" problemler adı verilir. 4. tip problemlerde öncelikle matematiksel içerik çözümlenmelidir ve daha sonra 4. tip problemler 1. veya 3. tip bir problemi elde etmek için matematiksel bir probleme dönüştürülmelidir. 5. tip problemler tüm problemleri birlikte içerir. 5. tip problemlerin çözümünü elde etmek için sadece kurallar, algoritmalar ve işlemlerin bilgisi yeterli değildir. Aynı zamanda olgular bilgisi ile verilenlerin özelliklerine de ihtiyaç vardır. "Açık uçlu"

** Wilhems Westf , University of. Muenster, Germany, "Creativity and Mathematics Education Summary of the International Conference" July 15 - 19, 1999, in Muenster, Germany"de sunulmuş bildiri.

problemler veya "meydan okuyucu" problemler" 5. tip problemlere örnektir. Bu tür problemleri çözmek için, yeni bir fikre ve "bilişsel atlayışa" (cognitive jump) ihtiyaç vardır. Ayrıca Kienel (1977, s.122) bu tür problemlerin çözümünde ıraksal veya yaratıcı düşüncenin oluşmasının gerekliliğini vurgulamıştır.

2. YARATICILIK NE ANLAMA GELİR?

"Yaratıcı düşünceyi nasıl tanımlayabiliriz?" sorusuna farklı bilim dallarından birçok uzman çeşitli tanımlamalar vermiş olmalarına rağmen yaratıcı düşüncenin kesin bir tanımı yoktur. "Yaratıcılık", son derecede karmaşık bir olaydır. Bazı uzmanlar tarafından yaratıcılık kavramı, matematik öğretimiyle bağdaşmaz kabul edilir. Bunun nedeni ise matematik sınıflarındaki geleneksel öğretimin yaratıcılığı kullanmaya uygun olmayışıdır.

Yaratıcılık bir çok araştırmacı tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır. Ren Zizhao (1999)'ya göre yaratıcılık, *bağımsızlığı* ve *göreli özgünlüğü (relative originality)* içermektedir. Kiesswetter (1983)'e göre yaratıcılık *esnek düşünme* yeteneğinin geliştirilmesidir. Bishop (1981)'e göre yaratıcılık, biri mantıksal; (tek boyutlu, dil ağırlıklı konuya) diğeri de görsel (çok-boyutlu ve sezgisel) görüşe sahip olan iki düşüncenin birbirini tamamlayan bir modelidir. Yaratıcılığın ne birbirinden ayrı tutulmuş maddelerden oluşan bir listesiyle tanımlanabildiğini, ne de bunun gibi bir listenin yaratıcı fikirleri tanımlamaya veya geliştirmeye yardımcı olabildiğine dair kesin bir veri yoktur.

Zimmermann (1999), yaratıcı problem çözmeyi, eş olarak birbirini tamamlayan *benzerlikleri bulma, çift tasarım* (görsel-algısal/ biçimsel-mantıksal), çok yönlü sınıflandırma ve karmaşıklığı azaltma olmak üzere dört aşamalı olarak tanımladı. Diğer yandan, Gray ve Tall (1991) yaratıcı olmak için gerekli yeteneklerin neler olduğunu tanımlamışlardır. Sonuç olarak çeşitli tanımlar olmasına rağmen "yaratıcılığın" standardize edilmiş bir tanımı yoktur.

Yaratıcı düşüncenin gelişimini öngören matematik öğretimi için özel çevrelere ihtiyaç vardır. Çalışmada araştırma grubu üç sonuca ulaşmıştır:

- Öğrencilerin bireysel ve sosyal özellikleri belirlenmeli ve geliştirilmelidir. Bunun için güdülenme, merak, kendine güven, esneklik, mizaç, hayal gücü, mutluluk, doyum, başarı gibi kişilik özellikleri geliştirilmelidir. İçgüdü eylemlere ve tepkilere izin veren bir yarışma ortamı oluşturulmalı ve sorumluluklar paylaşılmalıdır. Bireyler kendi görüşlerini ifade etmeli ve hoşgörülü olmalıdır. Sezgisel, içgüdüsel girdilere ve tepkilere yer verilmelidir.

- "*Açık uçlu ve Meydan okuyan problemler*" kullanılmalıdır. Bu problemler hayran bırakıcı, ilgi çekici, heyecanlandırıcı, önemli, öğreneni çözmek için motive eder. Açık uçlu ve meydan okuyan problemler, öğrencilerin günlük hayatlarındaki bireysel deneyimleriyle de birleştirilmeli, ilgi alanlarını ve deneyim alanlarını da içermelidir. Öğrenciler, problemleri kendileri tanımlayabilmeli ve problemin mümkün olan çözüm veya çözümlerini hem sözlü hem de yazılı ifade edebilmelidir.

- Öğrenciler, araştırmayı, bir problemi bir bütün olarak düşünmeyi, kendi tekniklerini üretmeyi veya kendilerine verilen teknikleri değiştirmeyi, dinlemeyi ve tartışmayı, hedefleri tanımlamayı, takımlar halinde işbirliği yapmayı öğrenmelidir. Aktif olan, keşfeden ve deneyen, tahmin eden ve çözümleyen, kendi yanlışlarını görebilen öğrenciler olmalıdır.

Yani, yaratıcı düşünceyi geliştirmenin diğer bir adımı da bu yeteneklerin gelişimini sağlamaktır.

3. BİLİŞSEL DURUMLAR

Matematik eğitiminin hedefi, geniş ve etkili, aynı zamanda zengin ve esnek olan matematiksel "kavram yapılarını" geliştirmektir. "Kavram yapıları"nı, ikiye ayırırız "***içten doğan kavram yapıları***" ve "***yansıtıcı kavram yapıları***".

Geleneksel bir matematik eğitimi, bilinçsizce üretilen duyguların veya tepkilerin üzerinde durmaz. Matematik eğitiminde yaygın olan ön düşüncelere, sadece "genel", "küresel" veya da " kapsayıcı" birer görüşe, yahut da kontrol edilemeyerek içten doğan etkinliklere yer yoktur. Tahmin, deneme ve hata değerli bir matematiksel davranış olarak göz önüne alınmaz. Ama tüm bu unsurlar "*İçten doğan kavram yapıları*"nı geliştirmek için gereklidir. İçten doğan kavram yapıları sezgi ile gelişir.

"*Yansıtıcı kavram yapıları*" bilginin, yeteneklerin ve becerilerin, olguların, ilişkilerin, özelliklerin arasında olan bir ağın içsel ve zihinsel bir örneği olarak ilişkilendirilebilir. Yansıtıcı düşünce, genellikle bir öğretimin sonucudur. "Yansıtıcı düşünce" nin gelişimi matematik eğitiminin merkezini oluşturur. Burada biçimsel, mantıksal ve analitiksel bir düşünce hedeftir. Yansıtmak ve bilinçlice yapmak önemlidir.

Başarılı bir problem çözme, problemi çözenin bilişsel yapısına bağlıdır. Uygun bir içsel süreç gerektirir. Problemi çözen, uygun "***kavram yapısına***" sahip olmalıdır. (Meissner 2002) Bu kavram yapıları, yazılı anlatım, öğrenme çerçeveleri ve küçük dünyalardır. Tüm bunlar "***Öznel Deneyim Alanları***" olarak adlandırılır (Bauersfeld, 1983). "Kavram Yapıları"nın her iki tipi birlikte bireyin "*Öznel Deneyim Alanlarını*" biçimlendirir. Çok iyi geliştirilmiş Öznel Deneyim Alanlarının ve baskın Öznel Deneyim Alanlarının her ikisi için de temel, bir anlam ve esasen bilinçli "sağduyu", kuralların ve olguların şuurlu bir bilgisidir. Her iki durum bir madeni paranın iki yüzü gibi birlikteliğe sahiptir. İçten doğan Kavram Yapıları ve Yansıtıcı Kavram Yapıları genellikle olumlu veya olumsuz olarak içsel süreçlere müdahale eder. Olgular, ilişkiler veya özelikler hakkındaki görüşleri aniden değiştirebilirler. Yeni bir problem sunulduğunda farklı Öznel Deneyim Alanları arasında birbirine baskın olmak için bir yarış vardır. Birey, çatışmayı görmezlikten gelmeden daha çok Öznel Deneyim Alanını değiştirmeyi veya diğer bir Öznel Deneyim Alanını tercih etmeyi yeğler. Matematik eğitiminde "analitiksel-mantıksal" bir davranışın baskın kalması, çatışan deneyimlerin veya kendiliğinden gelen fikirlerin göz ardı edilmesi tamamen doğaldır. Yansıtıcı Kavram Yapıları problemi çözmek için açıkça yeterli olmadığında bile, seçilen Öznel Deneyim Alanı olduğu gibi kalır. Ardından ilgili kural ve işlemler azaltılır, basitleştirilir da daha kolay mekanizmalarla yer değiştirilir.

Özetlenecek olursa, *yansıtıcı kavram yapılarından* sezgiyle "*kendiliğinden gelen kavram yapılarını*" elde ederiz. Duruma ilişkin olarak her iki tür birlikte ele alındığında bireysel "*Öznel Deneyim Alanını*" oluşturulur. Öyleyse bu bağlamda yaratıcılık ne anlama gelmektedir?

4. YARATICILIK NE ANLAMA GELİR?

"Yaratıcılığın" nasıl tanımlanacağına ilişkin farklı tanımlardan bir sonuca ulaşabilir. Bunun için, yansıtıcı kavram yapılarından daha fazlasına ihtiyacımız vardır. Bishop (1981) ve (Kiesswetter, 1983)'in yaratıcılık tanımları incelendiğinde esnek düşünceye yer verdikleri görülmektedir. O halde, yukarıdaki tanımlara *yansıtıcı kavram yapıları* ve k*endiliğinden gelen kavram yapıları* ilave edilmelidir. Ayrıca, iki kavram yapısı türünü birleştirerek geliştiren *esnek düşünceye* ihtiyaç vardır. *Esnek düşünce*, bağımsız düşünceyi de içine alır. Birçok farklı Öznel Deneyim Alanını denemek, oluşturmak ve yansıtmak için fırsatlara ihtiyaç vardır. Öğrenciler, benzerlikleri, farklı ve çok yönlü sınıflandırmaları bulabilmeli ve tartışabilmelidir. Tüm bu ifadeler etkinliklere yansıtıldığında, öğrencilerin daha çok kavrama sahip olması ve karmaşıklıkların azalması sağlanabilir.

Matematik eğitiminde yaratıcı düşüncenin ilerlemesini sağlamak için güçlü yansıtıcı kavram yapılarından çok daha fazlasına ihtiyaç vardır. Bunun için sezgisel ve kendiliğinden ortaya çıkan unsurlar gereklidir. Her bir öznel Deneyim Alanı bu unsurlara farklı açılardan bakmaya izin veren bir bütündür. Sınıf ortamında yansıtıcı bir tartışma ile sağduyu (ortak düşünce) arasında bir denge olmalıdır: Matematik eğitimindeki "bilimsel kavramlar" ın gelişiminden ve günlük hayattaki bilgi ve deneyimlerden yararlanılmalıdır. Yukarıdaki tanımlardan yola çıkılarak yaratıcı bir matematik öğretimi için gerekli adımlar aşağıdadır:

- Bireysel ve sosyal yetenekler belirlenmeli,
- Meydan okuyan problemler oluşturulmalı,
- Kendiliğinden oluşan fikirlere yer verilmeli,
- Sağduyulu olunmalı,
- Her bir Öznel Deneyim Alanına yer verilmeli,
- Benzerlikleri, farklılıkları, çok yönlü sınıflandırmaları bulabilmeli,
- Esnek düşünceye yer verilmeli, tartışabilmeli,
- Yansıtıcı kavram yapıları ve kendiliğinden gelen kavram yapıları oluşturulmalıdır.

Ayrıca, yansıtıcı ve kendiliğinden olan kavram yapılarının birbirini etkilediklerinde yaratıcı düşüncenin geliştirilmesi sağlanabilir.

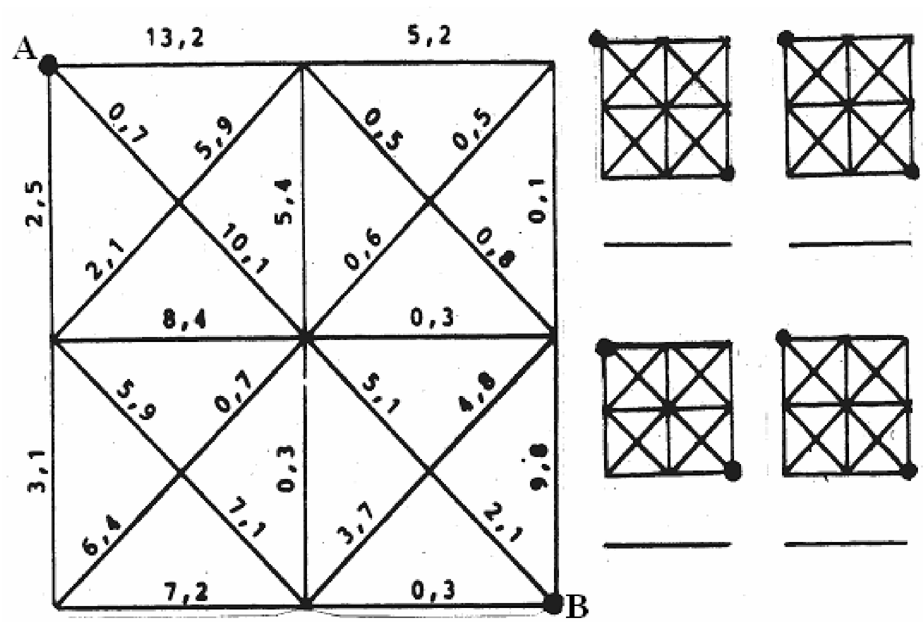
5. MEYDAN OKUYUCULAR

Matematik eğitiminde özellikle kitaplarda “meydana okuyucu” olmayan birçok problem vardır (Kienel (1977)’e göre 1. ve 4. tür problemler). Matematik eğitiminde yaratıcı düşünceyi geliştirmekten başka meydan okuyucu problemlere de ihtiyaç vardır. Bu meydan okuyucu problemler, sadece *yansıtıcı kavram yapılarını* değil aynı zamanda ilgili *sağduyu kavram yapılarını* da harekete geçirmelidir. Bu kavram yapılarının iki türü arasında güçlü bir etkileşim vardır ve bu kavram yapılarının ortaya çıkarılması için yaratıcılık gerekmektedir.

Öğrencinin k*endiliğinden oluşan kavram yapılarının* geliştirebilmesi için bazı örneklere ihtiyacı vardır. *Yaratıcı problem çözmeyi* geliştirmek için çözümleri bulma sürecinde yardımcı olan örneklere ihtiyaç vardır. Aşağıda daha önce açıklanmış olan kuramsal düşüncelerin bir örnek de nasıl uygulandığını ve birbirleriyle nasıl ilişkili olduğu verilmiştir.

5.1. Ondalık Sayı Uzunluğuna Sahip Grafikler

Meissner (1999), Şekil1’deki örneği ele almıştır: Şekil1’deki A noktasından B noktasına bir yol seçiniz. Her bir geçişte doğrultunuzu değiştirin. Attığınız her bir adımın sayı değerini diğer attığınız adımların sayı değerleriyle hesap makinesini kullanarak çarpınız. Sonuçta en küçük çarpım sonucuna sahip yolu bulunuz. Dört kez deneme hakkınız var.



Şekil 1

İşlemlerin sonunda, öğrencilerin kaç farklı sonuç elde ettikleri ve onların dört deneme sonunda bulduğu sonuçların neden farklı olduğunu sorgulamaları istenir. İlk aşamada, öğrencilerin her zaman en küçük sayıyı alarak işleme başlamalarını ve sonucunu not etmelerini istenir. Daha sonra öğrencilere, “Buldukları yolun en iyi yol olduğunu düşünüyor musunuz? Başka en iyi yollar var mı?” “Diğer en iyi yolu nasıl bulabilirsiniz?” “En iyi yolu bulmak için kurallar var mıdır?” soruları yöneltilebilir.

Öğrencilerin Öznel Deneyim Alanları değiştiğinde yani bilişsel atlayış aşamasına ulaştığında aşağıdaki sonuçlara ulaşmaları beklenir:

- Her çarpma işlemi sonunda her zaman büyük bir sonuç elde edilemez.
- Daha fazla çarpan olması daha küçük bir çarpım değeri verebilir.
- Dörde dört bir çevre içinde hareket edilince farklı sonuca ulaşılır mı?
- Sınırsız yol (sezgisel olarak sınır kavramı) var mıdır? Neden?

5.2. Yüzdeliklerin Öğretimi

Velikova (2003)’ya göre yüzde konusunun öğretiminde hesap makineleri kullanılabilir. Fakat her makinenin çalışma prensibi farklıdır. Öğrenciler öncelikle derste kullanılacakları makinelerin özelliklerini tanımalı ve makinenin çalışma prensipleri hakkında deneyim kazanmaları gerektiğini vurgulamıştır.

Ayrıca çalışmasında günlük hayatımızda konuştuğumuz gibi işlem yapabilen hesap makinelerini kullanmıştır. Örneğin: “Altı yüz otuz beşin yüzde on üçü nedir?” sorusunu matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edebilir.

“ 635+%13= …” işlemi için sadece sırayla tuşlara basmak yeterlidir.

$\boxed{6}\ \ \boxed{3}\ \ \boxed{5}\ +\ \boxed{\%}\ \ \boxed{1}\ \ \boxed{3}\ =\ \boxed{}\ \ \boxed{}$

“Altı yüz otuz beşin yüzde on üçü nedir?” denildiğinde çoğu hesap makinesi yukarıdaki mantıkla çalışmaz. Bu nedenle hesap makinesinin çalışma prensibi bilinmelidir.

Velikova (2003) çalışması sonucunda öğrencilerin hesap makinesinin tuşlarını kullanarak yüzdelikleri, formülleri, ters fonksiyonları hesaplamaları kolayca öğrendiklerini vurgulamıştır. Eğer öğrenciler problem yaşıyorsa daima aynı tuş sırasına basarak tahminlerde bulundurulabileceğini ve tahmin değeri ile bulduğu değeri kontrol etmesinin gerektiğinin önemli olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca, çalışmasının sonucunda öğrencilerin, her bir istenilen değeri tahmin etmede başarılı olduklarını da vurgulamıştır.

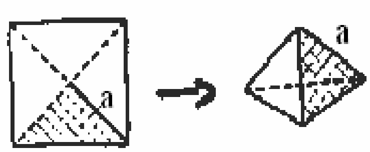
5.3. Tek-Yönlülük İlkesi

Meissner (2003) çalışmasında, “Tek Yönlülük Prensibi”nin kullanılmasının öğrencilerin öğrenmesini kolaylaştırdığını vurgulamıştır. Tek Yönlülük Prensibi, kolay örnekler, cebirsel genellemeler, ters fonksiyonlar ve cebirsel dönüşümler arasında kalan bir adımdır. Tek Yönlülük Prensibi, sezgisel ve bireysel kavram yapıları arasındaki ilişkileri ve çoğu değişkenin büyüklük sırasıyla ilgili ifadeleri geliştirmek için bir yöntemdir. Öğrenciler hesaplamalara başlamadan önce sonucu tahmin edebilirler. Tahminde bulunmak öğrencinin sezgisel olarak “yüzdelik” kavramını geliştirmesini sağlamaktadır.

Benzer bir yaklaşım “faiz”, “bileşik faiz”, “artma ve azalma” ve diğer konuları öğretmek için de uygundur. Meissner (2003) çalışmasında, fonksiyon konusunu öğretmek için Tek Yönlülük İlkesi yöntemi ile tahmin ve kontrol stratejisi kullanılarak öğretim yapıldığını ifade etti. Çalışmada araştırmacı tarafından öğrencilerin ödev kayıtları tutuldu. Bu tutulan kayıtlar ve ödevler öğrencilerin kavram yapılarının en güzel göstergesi olduğunu ifade edildi. Çalışmada, ayrıca öğrenciler tartışarak bulgularını kontrol ettiler. Uygulama sonunda öğrencilerin bilgisayarlar yardımıyla, tahmin ve kontrol etme adımları kullanılarak birinci ve ikinci dereceden fonksiyonlar için eksik bağlantıları keşfetmeleri, grafik çizebilmeleri ve grafiği adlandırabilmeleri sağlandı.

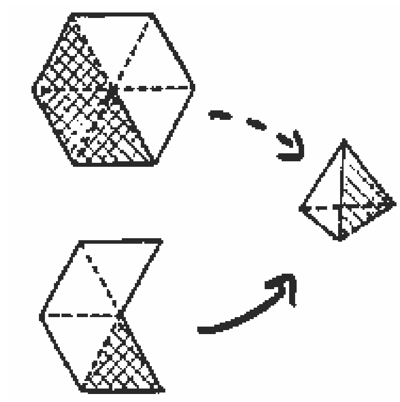
5.4. Kendi Üç Boyutlu Katı Cisimlerinizi Yaratın

Meissner (1999) çalışmasında, metrekaresi 250 gram olan bir mukavvadan düzgün çokgenler kesme, katlama ve yapıştırma yardımıyla farklı “çok yüzlüler” oluşturulmasını ele aldı. Çalışmada kullanılan örnekler aşağıda verilmiştir:



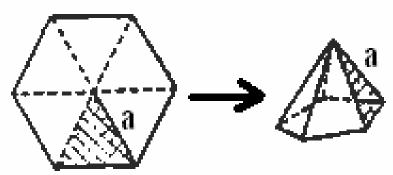
Şekil 2

1) (4→3)-çok köşelisi: Şekil 2’deki kareden, tabanı üçgen olan bir dört yüzlü elde edilmiştir.



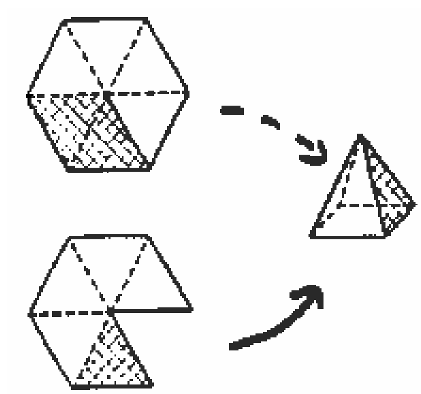
Şekil 3

2) (6 → 3) - Çok Köşelisi: Şekil3'te iki düzgün altıgende katlama ve yapıştırma yardımı ile tabanı eşkenar üçgen ve yanal yüzleri üçgen olan çok köşeli elde edilir.



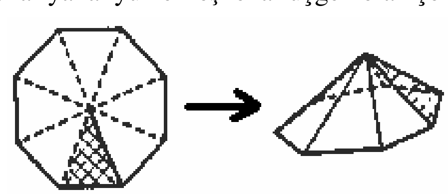
Şekil 4

3) (6 → 5)- Çok Köşelisi: Şekil4'te düzgün altıgenin a kenarından kesilmesi ile tabanı beşgen yanal yüzleri eşkenar üçgen olan çok köşeli elde edilir.



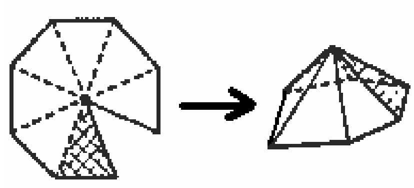
Şekil 5

4) (6 →4) -Çok köşelisi: Şekil5'te düzgün altıgenden iki üçgenin kesilip çıkarılarak, yeniden birleştirilmesi ile tabanı paralel kenar yanal yüzleri eşkenar üçgen olan çok köşeli elde edilir.



Şekil 6

5) (8 → 7)- Çok köşelisi: Şekil6’da düzgün sekizgenin köşegenlerinin oluşturduğu ikizkenar üçgenlerden birinin kesilip çıkarılması ile tabanı yedigen yanal yüzleri ikizkenar üçgen olan çok köşeli elde edilir.



Şekil 7

6) (8 → 6)- Çok köşelisi: Şekil7’de düzgün sekizgendeki iki adet ikizkenar üçgenin kesilip çıkarılması ve yeniden katlanması yardımı ile tabanı altıgen yanal yüzleri ikizkenar üçgen olan çok köşelisi elde edilir.

7) Yukarıdaki her bir şekilde yaptığımız işlemler sırasıyla şunlardır: kesme – katlama - üst üste getirerek yapıştırma.

Bu şekillerin içinde en ilginç olanlar eşkenar üçgenlerden oluşan (6 n) çok köşelilerdir (n=5, 4, 3 için)

5.5. Katı Cisimleri Oluşturmada Öneriler:

Sınıfta çoğu öznel deneyim alanı ve bu deneyimlerle olan ilişkilerin neler olduğu konusunda tartışmalar yapılmalıdır. Öğrencilerden yukarıdaki örneklerdeki gibi kendi katı cisimlerini oluşturmaları, tanımlama yapmaları istenilebilir. “Diğer yandan, verilen şeklin, tabandaki ve üstteki yüzlerini dikkate aldığınızda nasıl bir çokgen olduğuna nasıl karar verirsiniz?” “Oluşturulan katı cismin tüm yüzleri eşkenar üçgenlerden oluşuyorsa tanımınızı nasıl yaparsınız?” “Tabanı bir düzgün üçgen olduğunda katı cisme ne ad verirsiniz?” gibi sorular sorularak da öğrencilerin tartışmaları, düşünmeleri ve tanımlama yapmaları sağlanabilir.

6. SONUÇ

Sonuç olarak, öğrencilerin bireysel, sosyal yetenekleri irdelenmeli ve geliştirilmelidir. Bunun için de meydan okuyan problemlere, kendiliğinden gelen fikirlere ve yine sağduyu bilgisinin tamamlaması gereken sınıftaki etkinliklerinin kullanılmasına ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

Andzans, A., Meissner, H. (Eds.): Creativity in Mathematics Education and the Education of Gifted Students: Proceedings of the International Conference. Riga, Latvia 2002.

Bauersfeld, H.: Subjektive Erfahrungsbereiche als Grundlage einer Interaktionstheorie des Mathematiklernens und -lehrens. In: Lernen und Lehren von Mathematik, Bd. 6, pp. 1-56, Aulis Verlag, Koeln, Germany 1983.

Bishop, A.: Visuelle Mathematik. In: Steiner, H.-G., Winkelmann, B. (Eds.): Fragen des Geometrieunterrichts (Untersuchungen zum Mathematikunterricht, IDM, 1), pp. 166-184, Aulis Verlag, Koeln, Germany 1981.

Gray, E. M., Tall, D. O.: Duality, Ambiguity and Flexibility in Successful Mathematical Thinking. In: Proceedings of PME-XV, vol. II, pp. 72-79, Assisi, Italy 1991.

Kienel, E.: Datenverarbeitung und die algorithmische Methode im Mathematikunterricht. Dissertation Muenster,Germany 1977.

Kiesswetter, K.: Modellierung von Problemloeseprozessen. In: Mathematikunterricht 29, Vol. 3, pp. 71-101,Friedrich Verlag, Seelze, Germany 1983.

Meissner, H.: Cognitive Conflicts in Mathematics Learning. In: *"European Journal of Psychology of Education", Vol. 1, No. 2/1986, p. 7-15, I.S.P.A. Lisboa, Portugal.*

Meissner, H.: Einstellung, Vorstellung, and Darstellung. In*: Proceedings of the 26th International Conference for the Psychology of Mathematics Education, vol. I, pp. 156-161, Norwich, UK 2002.*

Meissner, H.: Constructing mathematical concepts with calculators or computers. In: Proceedings of CERME 3:Third Conference of the European Society for Research in Mathematics Education, Bellaria Italy 2003.

Meissner, H., Grassmann, M., Mueller- Philipp, S. (Eds.): *Proceedings of the International Conference "Creativity and Mathematics Education*". Westfaelische Wilhelms-Universitaet Muenster, Germany 1999.

Pehkonen, E.: Fostering of Mathematical Creativity. In: Zentralblatt fuer Didaktik der Mathematik, Vol. 3, pp. 63-67, Karlsruhe, Germany 1997.

Sheffield, L. J.: *Extending the Challenge in Mathematics*. Sage Publications Company. Thousand Oaks, California USA 2003.

Strauss, S. (Ed.): U-shaped Behavioral Growth. Academic Press, New York 1982.

Upitis, R., Phillips, E., Higginson, W.: Creative Mathematics. Routledge, New York, USA 1997.

Velikova, E. (Ed.): *Proceedings of the 3rd International Conference* "Creativity in Mathematics Education and the Education of Gifted Students", Rousse Bulgaria 2003.

Zimmermann, B. et al. (Eds.): Kreatives Denken und Innovationen in mathematischen Wissenschaften. Tagungsband zum interdisziplinaeren Symposium an der Friedrich-Schiller-Universitaet Jena, Germany 1999.

Zizhao, Ren: Thoughts on Examination of Creativity in China's College Entrance Examination. Beijing, China (1999, unpublished). see also http://wwwmath.uni-muenster.de/didaktik/u/meissne/WWW/creativity.htm