



Reflections from an Interdisciplinary Mathematical Modeling Activity*

Ramazan Gürbüz¹, Zeynep Çavuş Erdem², Seda Şahin³, Ali Temurtaş^{4**}, Ceylan Doğan⁵, Muhammed Fatih Doğan⁶, Muammer Çalık⁷, Derya Çelik⁸

^{1, 3, 4, 6}Adiyaman University Faculty of Education, Adiyaman

²Ministry of Education, Mehmet Akif Ersoy Secondary School, Adiyaman

⁵Ministry of Education, Tekpınar Secondary School, Adiyaman

^{7, 8}Trabzon University, Fatih Faculty of Education, Trabzon

ARTICLE INFO

Article History:
Received
24.09.2018
Received in revised form
22.11.2018
Accepted
30.11.2018
Available online
30.11.2018

ABSTRACT

The approaches that employ different disciplines together have increased their influence in the education system in recent years. In this study, it is aimed to examine the situations that occur in the solution process of an Interdisciplinary Mathematical Modeling (IMM) activity. Participants of this case study consist of 9 mathematics and 9 science teachers. A workshop that lasted for 12 weeks was conducted with the teachers. Solution reports, video and audio recordings of the solution process of an IMM activity form the data of the study. The data were analyzed by content analysis method. It was determined that teachers' having high level of experience and competencies related to the discipline provided realistic assumptions. On the other hand, their inexperience about IMM activities led them to ignore some variables in the solution process. In addition, the results of the research show that the transition between the steps in the IMM process is flexible and intertwined and provides an environment in which learning goals of mathematics and other disciplines are handled together. The results of the study support the important features of IMM approach and also show that teachers' experience about the activity dimension of IMM is not sufficient.

© 2018 AUJES. All rights reserved

Keywords: Mathematical Modeling, Modeling Mathematics, Textbook, Concrete Model

Extended Abstract

Purpose

There is a growing need for individuals with critical, creative, reflective, analytical and metacognitive thinking skills to achieve and strengthen social developments. In order to meet this need, new approaches to education have been sought worldwide. STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) is prominent in these approaches and is adopted rapidly (Kennedy and Odell, 2014). Mathematical modeling activities are described as an important tool in the implementation of STEM education (Hamilton, Lesh, Lester and

*This study used data from the TUBİTAK Project No. 117K169.

**Corresponding author's address: Adiyaman University, Faculty of Education, Adiyaman
e-mail: temurtasali@gmail.com

Brilleslyper, 2008). In these activities, which are called Interdisciplinary Mathematical Modeling (IMM), it is possible to use the information related to one or more disciplines together with mathematics to solve the problems in which a real life situation is involved (Doğan, Gürbüz, Çavuş Erdem and Şahin, 2018).

The IMM process begins in the real world and the individual needs to understand the real life problem first. The concepts in the problem are interpreted by passing through a filter in the mind of the individual and are separated by being associated with the related discipline (separation/grouping). With this transition that takes place in a short period of time, the individual recognizes the complementary aspects and relations of the concepts he/she separates, and establishes a link between the concepts and returns to the common area (STEM) by making the necessary association (context building). After organizing the data, the individual develops ideas/assumptions about the solution and makes plans for the solution (mental modeling). In this way, the problem solver proceeds to the model building stage where he/she transforms his/her mental model to a mathematical form. At this stage, the individual mathematizes the problem and creates the mathematical model to solve the problem. After determining the model, he/she makes mathematical solution of the model by making use of his/her mathematical knowledge (model solving). Although this step is more of a step in the world of mathematics due to the use of mathematical structures and operations, information from other fields is also used. The individual checks the real-life functionality of the result obtained after solving the model (transformation) and tests the accuracy and applicability of the solution in real life (evaluation). After deciding that the model he/she created is functional in real-life, he/she completes the model building process and prepares a report in detail (reporting).

According to Borromeo Ferri and Blum (2009), one of the qualifications that teachers should have in teaching mathematical modeling is to be able to solve mathematical modeling problems. Similarly, one of the qualifications that teachers should have in teaching IMM is that they can solve these problems according to the IMM process. Therefore, the aim of this study is to examine the process of solving IMM problems of mathematics and science teachers.

Method

This study is designed as a case study. It was carried out with 9 mathematics (3 female, 6 male) and 9 science (2 female, 7 male) teachers in the spring semester of 2017-2018 academic year. Teachers participated in a 12-week workshop, where they worked in pairs, consisting of a mathematics and a science teacher. In the second week of the workshop, the teachers were asked to solve an interdisciplinary mathematical modeling

problem, to report their solutions and to present their solutions to all groups. The data of the study consisted of video camera and audio recordings and teacher reports. The data of the study were analyzed by using the content analysis method. The steps of the IMM process developed by Doğan et al. (2018) and given in Figure 1 were used as predetermined categories. In this study, solutions of two groups were reported.

Results

Findings obtained from the study show that the teachers base their models on realistic assumptions and that the consumption of electronic devices and lighting is calculated within the real life limits. As an example of the flexibility of transition between steps in the IMM process, teachers experienced multiple transitions between transformation and model building steps. On the other hand, it is seen that the teachers who interpret the data in a realistic way do not take into account some variables in their calculations which cover the solution step of the model. In the modeling process, teachers have shown an approach based on trial and error strategy. In general, the steps of the modeling process have been clearly observed in the presentation of the solution reports. Since teachers experienced a transition without difficulty, separation and context building steps of the model were not reflected in the model's report. The evaluation step was emerged after the questions of other teachers.

Discussion

The findings show that teachers did not have difficulty building a model in general. Mathematical competence is one of the competences required to successfully complete mathematical modeling process (Maaß, 2006). It is stated in the studies that individuals cannot form a model due to lack of mathematical knowledge (Maaß, 2007; Çavuş Erdem, 2018). It can be stated that the participants have knowledge of mathematics and science required by the activity because they are the teachers of the disciplines and therefore they do not have any difficulty in the activity in general. The teachers interpreted the variables determined for the solution in a realistic manner and formed realistic assumptions. Considering that an individual explains real life situations and builds models with his/her experiences (Borromeo Ferri, 2018), it is possible to explain this finding with sufficient experiences of the participants.

On the other hand, it can be said that teachers have difficulty in *determining variables, making assumptions* and *building a mental model* stages of the IMM process. This can be considered as a result of not being accustomed to such problems. In mathematical modeling activities, students should be able to make sense of the problems (Lesh and Harel,

2003). The activities have different solutions by nature. Based on the findings of this study, it is possible to say that individual solutions have emerged in IMM activities.

It is emphasized in some studies that the transition between the steps in the mathematical modeling process is flexible (Doerr, 1997; Borromeo Ferri, 2018). In addition, the flexibility between the steps in the IMM process is stated as an important feature (Doğan et al., 2018). In this sense, the research findings coincide with the literature. In addition, discussions about the concepts of science and explanations about values education show that IMM enables different disciplines to be dealt with together. It is stated that mathematical modeling is suitable for the association of different disciplines (English, 2015) and emerging from this feature, IMM approach will associate learning goals of different disciplines (Doğan et al., 2018). In the study, teachers' need for other disciplinary concepts and working in cooperation with teachers from different fields show that both disciplines are employed. All these explanations show that IMM serves its purpose.

Conclusion

IMM, where mathematics is handled with different disciplines, is a new approach in education and it is important to ensure that teachers, who are the practitioners of the field, experience this new approach. From this point of view, it is thought that mathematics and science teachers should first know the characteristics of IMM activities and experience them. The high level of experience and competencies of teachers, especially in their fields, helped them make realistic assumptions. On the other hand, the fact that teachers had not met before with such activities in which different disciplines were discussed together caused them to ignore some variables in the solution process. The fact that the transition between the steps in the IMM process is flexible and intertwined has led to the combination of learning goals of mathematics and different disciplines together. The results of the study show that teachers' experiences about IMM's activity dimension are not sufficient. Therefore, it is suggested to conduct studies that increase modeling experiences of teachers and that investigate modeling competencies together with their sub-dimensions.



Bir Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme Etkinliğinden Yansımalar*

Ramazan GÜRBÜZ¹, Zeynep ÇAVUŞ ERDEM², Seda ŞAHİN³, Ali TEMURTAŞ^{4**}, Ceylan DOĞAN⁵, Muhammed Fatih DOĞAN⁶, Muammer ÇALIK⁷, Derya ÇELİK⁸

^{1, 3, 4, 6} Adıyaman Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Adıyaman

² Milli Eğitim Bakanlığı, Mehmet Akif Ersoy Orta Okulu, Adıyaman

⁵ Milli Eğitim Bakanlığı, Tekpınar Orta Okulu, Adıyaman

^{7, 8} Trabzon Üniversitesi, Fatih Eğitim Fakültesi, Trabzon

MAKALE BİLGİ

Makale Tarihi:
Alındı 24.09.2018
Düzeltilmiş hali
alındı 22.11.2018
Kabul edildi
30.11.2018
Çevrimiçi yayınlandı
30.11.2018

ÖZET

Farklı disiplinlerin birlikte ele alındığı yaklaşımlar son yıllarda eğitim sisteminde etkisini daha çok hissettirmeye başlamıştır. Bu çalışmada bir Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme (DMM) etkinliğinin çözüm sürecinde ortaya çıkan durumların incelenmesi amaçlanmıştır. Bir durum çalışması olan araştırmanın çalışma grubunu, 9 matematik ve 9 fen bilimleri öğretmeni oluşturmaktadır. Öğretmenlerle proje kapsamında gerçekleştirilen ve 12 hafta süren bir çalıştay yürütülmüştür. Bu çalıştay kapsamında uygulanan bir DMM etkinliğindeki çözüm raporları, video ve ses kayıtları araştırmanın verilerini oluşturmaktadır. Toplanan veriler, içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Araştırmada, öğretmenlerin ilgili disipline ait deneyimlerinin ve yeterliklerinin üst düzeyde olmasının, gerçekçi varsayımlar oluşturmasını sağladığını, öte yandan DMM etkinliklerine alışkın olmamalarının çözüm sürecinde bazı değişkenleri göz ardı etmelerine neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca araştırma sonuçları, DMM sürecinde basamaklar arasındaki geçişin esnek ve iç içe olduğunu, matematikle birlikte farklı disiplinlere ait kazanımların birlikte ele alındığı bir ortam sağladığını göstermektedir. Araştırma sonuçları, DMM yaklaşımının önemli özelliklerini destekleyici nitelikte olup, aynı zamanda öğretmenlerin DMM'nin etkinlik boyutuyla ilgili deneyimlerinin yeterli olmadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Matematiksel Modelleme, Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme, Öğretmen Yeterlikleri.

Giriş

Toplumsal gelişmelerin sağlanması ve güçlendirilmesinde eleştirel, yaratıcı, yansıtıcı, analitik ve metabilşsel düşünme becerilerine sahip bireylere ihtiyaç giderek artmaktadır. Şüphesiz bu becerilerin kazandırılmasında eğitim ve öğretim kurumları kritik bir öneme sahiptir. Mevcut eğitim sistemleri yukarıda sıralanan ve 21. yüzyıl becerileri olarak görülen üst düzey düşünme becerilerinin kazandırılmasında yeterli olmamaktadır. Bu nedenle dünya çapında *-özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde-* yeni öğretim yaklaşımları arayışına girilmiştir. STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) bu yaklaşımlar içinde öne çıkmakta ve hızla benimsenmektedir (Kennedy ve Odell, 2014). STEM; fen, teknoloji, mühendislik

* Bu çalışma 117K169 nolu Tubitak projesinin verisinden üretilmiştir.

** Sorumlu yazarın adresi: Adıyaman Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Adıyaman
e-posta: temurtasali@gmail.com

ve matematik eğitiminin birbirlerine entegre edilerek öğrenilebileceğini savunan, teorik bilgileri gerçek yaşama transfer etmeyi sağlayan bütünleşik bir öğrenme yaklaşımı olarak ele alınmaktadır (Gonzalez ve Kuenzi, 2012). Bu bağlamda gerçek yaşam durumlarının matematikselleştirilerek çözülmesi şeklinde tanımlanan matematiksel modelleme etkinlikleri STEM eğitiminin hayata geçirilmesinde önemli bir araç olarak görülmektedir (Hamilton, Lesh, Lester ve Brilleslyper, 2008). Farklı disiplinlere ait bilgilerin bir arada işe koşulmasına olanak sağlayan disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliklerinin sınıfa etkili bir şekilde taşınmasında öğretmenlere de büyük sorumluluk düşmektedir. Sınıfta uygulanma aşamasına geçmeden önce öğretmenlerin disiplinler arası matematiksel modelleme etkinlikleri hakkında gerekli ve yeterli teorik bilgi ile uygulama bilgisine sahip olmaları gerekmektedir. Bu süreçte öğretmenlerin bu tür etkinlikleri birer örnek olarak incelemelerinden ziyade bizzat tecrübe etmeleri öğretmenlere önemli birçok katkı sağlayacaktır.

Matematiksel Modelleme

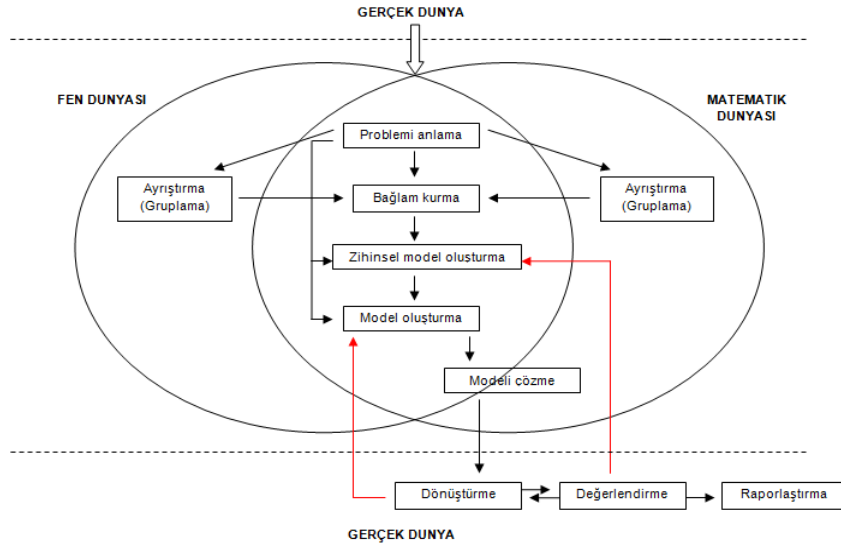
Matematik öğretiminin amacı, kişiye gerçek yaşamda kullanabileceği matematik bilgisi ve becerisi kazandırmaktır. Daha açık bir ifadeyle kişiye problem çözme öğretmek ve gerçek hayat durumlarını problem çözme yaklaşımı içinde ele alan bir düşünme becerisi kazandırmaktır (Altun, 2002). Blum ve Niss (1991), problemi kişinin soruları cevaplamaya yetecek kadar doğrudan bir metod ya da algoritma bilgisinin olmadığı açık uçlu durumlar olarak tanımlamaktadır. Bu tanım problemin kişiye göre değişebileceği; biri için problem olan durumların bir başkası için sadece bir alıştırmaya olabileceği anlamı taşımaktadır. Buna rağmen geleneksel anlayışın bir yansıması olarak matematikte problem çözme denilince akla ilk sözel (geleneksel) problemler gelir (Blum ve Niss, 1991). Geleneksel matematik eğitiminde soruların önceden belirlenmiş belirli çözüm yöntemleri ve kesin olan tek bir cevabı vardır. Böyle bir öğrenme ortamında, öğrencilere gerekçeleri çoğu zaman açıklanmayan birçok bağıntı, kural ve simgeler verilir. Sonuç olarak, öğrenciler çözüm için gerekli işlem adımlarını doğrudan uygulayamayacakları bir problemi çözemez hale gelirler (Olkun ve Toluk, 2001). Oysa öğrencilerin gerçek dünya ile matematik arasındaki ilişkinin farkında olabilmeleri için gerçek problem durumlarına etkili çözümler üretebilmeleri ve okul matematiğini günlük yaşama transfer edebilmeleri gerekir (Doruk, 2010). Matematiksel modelleme gerçek yaşam durumlarını matematiksel olarak çözebilme becerisi kazandırabilecek yaklaşımlardan biri olarak görülmektedir. Gerçek hayat problemlerinin üstesinden gelme süreci (Blum ve Borromeo Ferri, 2009) olarak tanımlanan matematiksel modelleme, problem durumunun matematikselleştirilerek yoruma, değişime ve geliştirilmeye açık özgün çözümler oluşturma sürecidir (Blum ve Niss, 1991). Matematiksel modellemenin amacı ve modelleme süreci, benimsenen perspektiflere (realistik, bağlamsal, eğitimsel, sosyo-kritik, epistemolojik, bilişsel vs.) göre farklı şekillerde ele alınsa da modelleme sürecinin döngüsel ve yenilenebilir olması ortak bir görüştür. Bu süreç genel olarak problemi anlama, varsayımlarda bulunma ve değişkenleri belirleme, zihinsel model oluşturma, zihinsel modeli somutlaştırma, modeli çözme, dönüştürme ve değerlendirme basamaklarından

oluşmaktadır. Bu basamakların ardından, geliştirilen çözümün gerekçeli olarak raporlaştırılmasıyla süreç sona erdirilir.

Disiplinler Arası Matematiksel Modelleme

Matematiksel modelleme etkinliklerinde gerçek yaşam problemleri ele alınmaktadır. Gerçek yaşam durumları ise çok yönlü ve karmaşık yapıdadır ve birçok alanı kapsar. Dolayısıyla matematiksel modelleme farklı disiplinlerin ilişkilendirilmesine uygun yapıdadır ve STEM eğitiminde kullanılabilecek etkili bir araç olarak görülmektedir (English, 2015; Doğan, Şahin, Çavuş Erdem ve Gürbüz, 2018). Disiplinler arası Matematiksel Modelleme (DMM) olarak tanımlanan bu etkinlik türü farklı disiplinlerin bir arada yer aldığı bir anlayışı kapsamaktadır. DMM anlayışında, gerçek hayat durumunun yer aldığı problemlerin çözümünde matematikle birlikte bir ya da birkaç disipline ait bilgilerin kullanılması söz konusudur (Doğan, Gürbüz, Çavuş Erdem ve Şahin, 2018). Bu çalışmada DMM, özel olarak matematik ve fen bilimleri boyutuyla ele alınmaktadır. Dolayısıyla DMM etkinlikleri matematik ve fen bilimlerinin ilişkilendirildiği etkinlikleri temsil etmektedir.

Yukarıda da belirtildiği gibi matematiksel modelleme süreci çeşitli basamaklardan oluşan döngüsel bir süreçtir. Benzer şekilde DMM süreci de döngüsel ve basamaklı bir süreçtir. Ancak matematiksel modellemeden farklı olarak DMM etkinliklerinin birden fazla alanı kapsamaması modelleme sürecinin de farklılaşmasına neden olmaktadır. Doğan ve arkadaşları (2018), çalışmalarında disiplinler arası matematiksel modelleme sürecini Matematik ve Fen disiplinleri için Şekil 1.'deki gibi tanımlamışlardır.



Şekil 1. Disiplinler arası matematiksel modelleme süreci

DMM süreci şekilde görüldüğü gibi gerçek dünyada başlamaktadır ve öncelikle bireyin gerçek yaşam problemini anlaması gerekmektedir. Problemi anlama basamağı olarak ifade edilen ilk basamakla birlikte STEM dünyasına giriş yapılır. Problemdeki kavramlar bireyin zihninde bir süzgeçten geçirilerek anlamlandırılır ve ilgili disiplinle ilişkilendirilerek ayrıştırılır (ayrıştırma/ gruplama). Ayrıştırma basamağı her alanın kendine özgü olarak gerçekleşir. Kısa süreli gerçekleşen bu geçişle birlikte

birey ayrıştırdığı kavramların birbirini tamamlayıcı yönlerini ve ilişkilerini fark ederek kavramlar arasında bağ kurar ve gerekli ilişkilendirmeyi yaparak ortak alana (STEM) geri döner (bağlam kurma). Bağlam kurma problemde yer alan tüm alanlarda aynı anda gerçekleşmek zorunda değildir. Birey verileri organize ettikten sonra çözüme yönelik fikirler/varsayımlar üretir ve çözüme yönelik plan yapar (zihinsel model oluşturma). Böylelikle problem çözücü zihninde oluşturduğu modeli matematiksel bir forma dönüştürdüğü model oluşturma basamağına geçer. Bu aşamada birey problemi matematikselleştirir ve problemin çözümünü verecek matematiksel modeli oluşturur. Modeli belirledikten sonra sahip olduğu matematiksel bilgilerden faydalanarak modelin matematiksel çözümünü yapar (modeli çözme). Bu basamak, matematiksel yapıların ve işlemlerin kullanılması sebebiyle daha çok matematik dünyasında yer alan bir basamak olsa da diğer alanlara ait bilgilerden de faydalanılmaktadır. Birey modeli çözdükten sonra elde ettiği sonucun gerçek hayattaki işlevselliğini kontrol eder (dönüştürme) ve çözümün gerçek hayattaki doğruluğunu, uygulanabilirliğini test eder (değerlendirme basamağı). Oluşturduğu modelin gerçek hayatta işlevsel olduğuna karar verdikten sonra model oluşturma sürecini tamamlar ve modeli ayrıntılı olarak sunduğu bir rapor hazırlar (raporlaştırma).

DMM sürecinde basamaklar arası esnek bir geçiş vardır. Basamaklar arasındaki bu esneklik bireyin geri dönmesine, süreci tekrar tekrar yaşamasına olanak sağladığı gibi bazı basamakları atlayarak ilerlemesine de izin vermektedir.

Matematiksel Modelleme ve Öğretmen Yeterlikleri

Matematiksel modellemenin etkili bir şekilde öğretilmesi öğretmen yeterlikleri ile doğrudan ilişkilidir (Niss, Blum ve Galbraith, 2007). Matematiksel modelleme eğitimi almayan öğretmenlerden matematiksel modellemeyi öğretmelerini beklemek doğru değildir. Eğer bir öğretmenden matematiksel modellemeyi öğretmesi bekleniyorsa öncelikle onun bu deneyimi kazanması gerekmektedir (Niss ve ark., 2007). Borromeo Ferri ve Blum'a (2009) göre matematiksel modellemenin öğretiminde öğretmenlerin sahip olmaları gereken yeterliklerden biri matematiksel modelleme etkinliklerini çözebilmektir. Bu yeterliği kazanan öğretmen, öğrencilerin bu süreci nasıl yaşadıkları ve karşılaşılabilecekleri zorlukların neler olabileceği ile öğretim yöntemlerini nasıl planlayacakları ve öğrencileri nasıl değerlendirecekleri hakkında bilgi sahibi olmalarını sağlar (Borromeo Ferri, 2018; Schorr ve Lesh, 2003). Alan yazın incelendiğinde, özellikle ulusal düzeyde öğretmenlerden ziyade matematiksel modelleme dersi alan öğretmen adaylarıyla çalışmalar yapıldığı görülmektedir (örn., Tuna, Biber ve Yurt, 2013; Korkmaz, 2010; Eraslan 2012).

Matematiksel modelleme üzerine yapılan çalışmalara alan yazında sıkça rastlanmasına rağmen (Doerr, 1997; Lesh ve Harel, 2003; Maaß, 2006; Blum ve Borromeo Ferri, 2009) matematiksel modellemenin disiplinler arası özelliğine vurgu yapan çalışmalar sınırlı sayıdadır. STEM eğitime yönelik araştırmaların hız kazanmasıyla birlikte bu alanda da kısa sürede yoğun ve nitelikli çalışmaların yapılacağı öngörülmektedir. Ayrıca DMM odaklı çalışmaların sadece matematik değil farklı disiplinleri de kapsaması nedeniyle, ilgili alanlarda eğitim alan veya görev yapan

öğretmen adayları ve öğretmenlerin yeterliklerinin üzerinde durulması oldukça önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, matematik ve fen bilimleri öğretmenlerinin DMM problemlerini çözme süreçlerini incelemektir. Matematik ve Fen eğitimi alanındaki mevcut durum göz önünde bulundurulduğunda araştırmancının hem disiplinler arası matematiksel modelleme sürecini konu alması hem de her iki alanda görev yapan öğretmenlerle yürütülmesinin bu çalışmayı önemli ve özgün kıldığı düşünülmektedir.

Yöntem

Bu çalışma durum çalışması olarak tasarlanmıştır. Durum çalışmaları, içinde bulunulan bağlamla birlikte ele alınan durum veya durumların birden fazla veri kaynağı kullanılarak derinlemesine incelenmesini içermektedir (Yin, 2003). Bu çalışmada da, matematik ve fen bilimleri öğretmenlerinin bir disiplinler arası matematiksel modelleme problemini (Bkz. Ek 1) çözme süreçleri detaylı olarak incelenmiştir. İki farklı grubun çözüm süreçleri incelendiğinden, çalışma çoklu durum çalışması (Baxter & Jack, 2008) olarak tanımlanabilir.

Çalışma Grubu

Çalışma 2017-2018 eğitim-öğretim yılı bahar döneminde 9 matematik (3 kadın, 6 erkek) ve 9 fen bilimleri (2 kadın, 7 erkek) öğretmeni ile gerçekleştirilmiştir. Öğretmenler proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmaya 10 ve 8 kişilik iki oturum halinde devam etmiştir. Her oturumda bir matematik ve bir fen bilimleri öğretmeninden oluşan ikili gruplar yer almıştır.

Verilerin Toplanması

Matematiksel modelleme ve DMM'yle ilgili teorik ve uygulama boyutunun yer aldığı çalışmaya 12 hafta sürmüştür. Bu araştırmancının verileri, çalışmanın ikinci haftasında gerçekleştirilen uygulamalardan elde edilmiştir. İlk hafta öğretmenlere matematiksel modellemeyle ilgili genel bilgiler sunulmuştur. İkinci hafta ise öğretmenlere bir DMM etkinliği sunulmuş ve bu etkinlik öğretmenlerin karşılaştıkları ilk DMM etkinliği olmuştur. Etkinlik üzerinde ikili gruplar halinde çalışan öğretmenlerden çözümlerini yazılı olarak raporlamaları istenmiştir. Öğretmenlerin çözümlerini tamamlamalarının ardından bütün gruplar çözümlerini tahtada sunmak suretiyle diğer öğretmenlerle paylaşmış ve çözümler hakkında tartışmalar yapılmıştır. Bu tartışmalar video kamera ve ses kayıt cihazları ile kayıt altına alınmıştır. Çalışma verileri video kamera ve ses kayıtlarının transkriptleri ile çözümlerini tahtada sunan öğretmenlerin raporlarından oluşmuştur. Burada her iki oturumdan birer grubun sunumları örnek olarak verilmiştir.

Verilerin Analizi

Çalışmanın verileri içerik analizi yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. İlk aşamada, verilerin transkriptleri 4 araştırmacı tarafından okunarak ilgili kategorilere uygun veriler ayıklanmıştır. Daha sonra bu veriler iki araştırmacı tarafından yorumlanarak uygun kategorilere yerleştirilmiştir. Çalışmada Doğan ve arkadaşları

(2018) tarafından geliştirilen ve Şekil 1'de verilen DMM sürecinin basamakları önceden belirlenen kategoriler olarak kullanılmıştır. İçerik analizi sürecinde incelenen veriler bu kategorilere göre sınıflandırılmıştır. Analiz sonuçlarını desteklemek amacıyla katılımcı öğretmenlerin çözümlerinden ve yorumlarından direkt alıntılara yer verilmiş, ayrıca bulgular görsellerle desteklenmiştir.

Bulgular

Matematik ve fen bilimleri öğretmenlerinin disiplinler arası modelleme sürecinin bir DMM etkinliği sürecinde incelendiği bu çalışmada, katılımcılar arasından etkinliğe ilişkin (Bkz. Ek 1) iki örnek çözüm aşağıda sunulmaktadır. Öğretmenler DMM etkinliğini bir matematik öğretmeni ve bir fen bilimleri öğretmeninden oluşan ikişerli gruplar halinde çözmeye çalışmış ve bir saatlik çözüm sürecinin sonrasında tüm gruplar modelini öğretmenlere sunmuştur. İlk grup öğretmenlerden fen bilimleri öğretmeni (Onur*) ve matematik öğretmeni (Erkan) modellerinin sunum aşamasında ilk olarak şu şekilde bir açıklamada bulunmuşlardır:

Onur: Şimdi etkinlikte bizden istenen şeyi güneş panellerinin en uygun fiyata yerleştirilmesini bulmak şeklinde ifade edebiliriz. Bu aşamada öncelikle verilen metinde evin bir elektrik sarfiyatını bulmamız gerekiyor. Bunun için de elektrik sarfiyatını bulurken verilen elektronik eşyaların ve lambaların gün içerisinde ortalama olarak ne kadar çalışabileceğini bulmamız gerekiyor. Bunu belirledikten sonra da panel türünü belirleyebileceğimizi düşündük.

Açıklamalarda öğretmenlerin etkinlikteki problem durumunu ve problemi çözmek için oluşturdukları çözüm planını açıkladıkları görülmektedir. Açıklamaların DMM sürecinde problemi anlama ve zihinsel model oluşturma basamağına örnek teşkil ettiği söylenebilir. Problem çözümü için zihinsel modellerini bu şekilde açıklayan öğretmenler, model oluşturma basamağında Ahmet Bey ve ailesinin günlük ve aylık elektrik tüketimini hesaplamış ve hesaplama sonucunda en uygun panel türünü belirlemeye çalışmıştır:

Onur: Tüm elektronik cihazların ve aydınlatma için gerekli elektrik tüketimini belirledik, hesaplamalarımıza göre Ahmet Bey ve ailesinin haftalık ve aylık elektrik tüketimini 101,4 kwh ve 405,6 kw olarak bulduk. Bunu faturaya dönüştürdüğümüzde birim fiyatı kw'ın birim fiyatı 0,2 çarptığımızda 91,12 ₺ enerji harcıyor. 10 ₺ de KDV'si var, 100, pardon 10 ₺ de KDV'si olduğundan 91,12 ₺'lik fatura var.

Serkan: Buzdolabına 24 saat demişsiniz ama buzdolabı 24 saat çalışmaz. Termostat devreye girdiği zaman devre dışı oluyor, güç sarf etmiyor.

Okan: Tabi arada dinlenir.

Onur: Muhtemelen 40 w ortalama bir değerdir biz de o şekilde kabul ettik.

Handwritten calculations for electricity consumption:

- Lambalar → 0,04 x 24 x 7 = 6,72
- Buzdolabı → 0,8 x 6 x 7 = 4,8
- Buzdolabı → 11250 x 4 = 19,5
- E-S → 2 x 3 = 6
- T.V → 0,15 x 8 x 7 = 8,4
- Fırın → 2 x 3 = 6
- Sak → 2 x 1 = 2
- Dış → 2,18 x 2 = 8,4
- RL → 0,135 x 6 x 7 = 14,17

Summary calculations:

- A → 2,7 x 7 = 18,9 x 4 = 75,6
- x 6 = 453,6 kwh
- 101,4 x 4 = 405,6
- 405,6 x 0,2 + 10 = 91,12 x 12,99 = 1097,44

* Öğretmenlerin gerçek isimleri yerine kod isimler kullanılmıştır.

Örnek diyalogda, öğretmenlerin modellerini gerçekçi varsayımlara dayandırdığı, elektronik cihazların ve aydınlatma için tüketim miktarını gerçek yaşam sınırları içerisinde hesapladıkları görülmektedir. DMM sürecinde basamaklar arasındaki geçişin esnekliğine örnek bu durumda, öğretmenler dönüştürme basamağı ile model oluşturma basamağı arasında çoklu bir geçiş yaşamıştır. Bu süreçte diğer katılımcıların verileri değerlendirmesi ve gerçek hayata uygunluğunu kontrol etmesi de modelin kullanılabilirliğinin değerlendirildiği değerlendirme basamağına ve verilerin gerçek dünyaya yorumlanmasını içeren dönüştürme basamağına örnek açıklamalardır. Model oluşturma basamağındayken diğer basamakların ortaya çıkması sürecin esnekliğini göstermektedir.

Erkan ve Onur öğretmenler elektrik sarfiyatını belirledikten sonra en uygun panel türünü belirlemek için gerekli hesaplamaları yapmış ve en uygun panel türünün B marka olduğuna karar vermiştir. Bu süreçteki hesaplamalarını şu şekilde açıklamıştır:

Erkan: Faturayı belirledikten sonra, elektrik tüketimini karşılayacak paneli belirledik. Şimdi A 0,3 kw üretiyor. Günlük ortalama güneşlenme miktarı yaz döneminde 12 saat, kış döneminde 6 saat olduğu için ortalama 9 saat olarak aldık. Bu durumda günlük 2,7 kwh, haftalık 18,9 kw, aylık 75,6 kwh'lik bir enerji üretir sadece bir tane A paneli. Bizim harcadığımız aylık enerji miktarımız 405,6 kwh. Şimdi biz A panelinden 6 tane alırsak tüketimi karşılarız ve bize maliyeti toplam 16000 ₺ oluyor. Baktığımız zaman bunu ne kadar sürede amorti ediyor? 16 yıl. Kullanım süresi de 25 yıl, 9 yıl daha bana hizmet edecek. Sonra %75'e düşüyor. Yani her halükarda karlı bir iş. En uygun paneli bulmak için sırasıyla diğer markalara aynı hesabı yaptık. B markası 14 yılda amorti ediyordu. C markası ise alan hesabında dolayı çok fazla yer kapladığı için eledik. Ama B ile A arasında çok ciddi bir alan farkı olmadığından ve B türünden panellerde çatıya yerleşebileceğinden B markasını uygun bulduk.

Öğretmenlerin deneme yanılma stratejisine dayalı bir yaklaşımla model oluşturdukları söylenebilir. Öğretmenlerin modelin çözüm basamağını kapsayan hesaplamalarında verileri gerçeğe dayalı olarak değerlendirdikleri, fakat bunun yanında bazı önemli durumları dikkate almadıkları görülmektedir. Öyle ki, modellerinde güneş paneli sisteminin kârlı olduğunu ifade eden öğretmenler, kullanım süresi sonunda paneller için gerekecek bakım ve onarım maliyetini dikkate almamış, bu bağlamda kısmen doğru bir model oluşturmuştur. Öğretmenlerin bu tarz problemlere alışkın olmamaları ve problem metninde olmayan bazı değişkenleri dikkate almamaları bu durumun yaşanmasında önemli bir etken olarak değerlendirilmektedir. Öte yandan öğretmenler C markasının yerleşiminde çatının alanını dikkate almış ve matematiksel çözümü gerçek yaşam bağlamında yorumlamıştır. Söz konusu açıklama, model oluşturma ve dönüştürme basamağı arasındaki geçişe örnek teşkil etmektedir. Öğretmenlerin, problem metninde sunulan verileri gerçekçi bir biçimde yorumladıkları, fakat problem çözümü için gerekli değişkenlerin tamamını dikkate almadıkları söylenebilir. Açıklamalarda DMM sürecinde yer alan ayrıştırma ve bağlam kurma basamağına ilişkin net bir açıklama olmadığı söylenebilir. Katılımcıların alanında uzman kişiler olması, problem üzerinde

birlikte çalışmaları söz konusu basamaklarda zorlanmadan bir geçiş yaşamalarını sağlamış ve bu nedenle basamaklara ilişkin zihinsel süreç açıklamalara yansımamıştır. Model sunumunun sonrasında öğretmenlerin birlikte çalışmalarıyla ilgili açıklamaları bu düşünceyi desteklemektedir. İlgili açıklama şu şekildedir:

Erkan: Şimdi etkinliği çözerken birim dönüşümlerinde takılabıldim. Bu konu fen bilimleri ile alakalı olduğu için birim dönüşümlerinde hocam (fen bilimleri öğretmeni) kalemi devraldı. Çünkü şöyle hani dediğim gibi oradaki enerji çevirme olayı benim kafamı karıştırdı. Mesela hesaplamalarda saniye bulunduğu zaman kw'a çevirmesi gerektiğini görmek benim için zor olurdu. Bu nedenle birlikte çalışmak avantajlı oldu.

Açıklamalar, yukarıda da belirtildiği üzere öğretmenlerin ayrıştırma ve bağlam kurma basamağında zorlanmadan bir geçiş yaşadıklarını ve bu nedenle modelin raporuna yansımadığını göstermektedir. Sunumlarını tamamlayan öğretmenlerin açıklamalarında net bir şekilde görülmeyen bir diğer basamak değerlendirme basamağıdır. Oluşturulan modelin kullanılabilirliğinin ve doğruluğunun değerlendirildiği bu basamağa dair açıklamalar, etkinlik sunumundan sonra diğer öğretmenlerin sorularıyla ortaya çıkmıştır.

Mahmut: Bizim sizin modelinizde takıldığımız nokta şu, biz kendi modelimizde kışı dikkate aldık. Çünkü en az güneşlenme süresi o zaman. Yani maksimumu dikkate aldık. Bu durumda günlük 12 kwh'in üstüne çıktığı zaman sistem devre dışı kalacak. Üretim yok, üretim olmadığı için tüketimi de dengelemeye çalıştık.

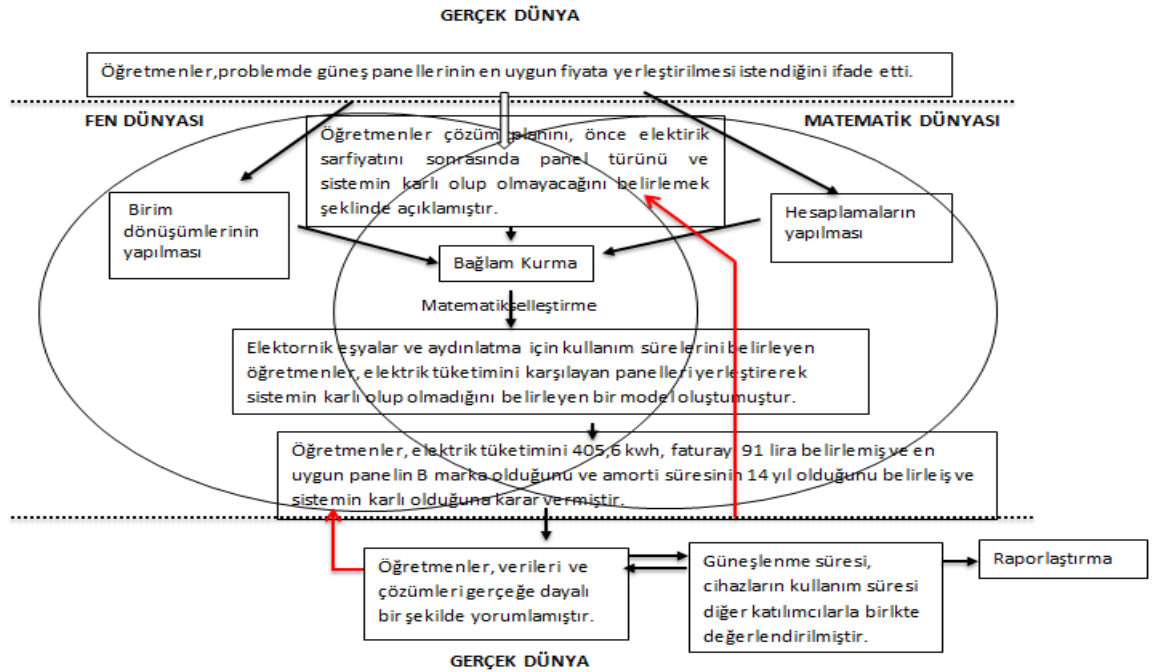
Onur: Neden üretim yok?

Ömer: Kış gününü hesapladık biz.

Onur: Yazın da 12 saat üretim var.

Erkan: Keskin geçiş yapamıyorsunuz aslında süre olarak. Çünkü bazen mesela bazı günler 6 saati bile bulmuyor. Bazen 3 saati bulunduğu günler oluyor. Bazen 11 saati bulunduğu günler oluyor. Adıyaman'inkine biz baktık. 8,5-9 ay gibi yani Adıyaman'ın güneyi yıllık güneşlenme süresi ortalama 9 saat, 8,5-9 saate denk geliyor. Bu sınır şöyle dediğim gibi 3 saat de olabiliyor. Karlı havalarda vb. çok böyle nemli havalarda yani nem faktörü de Biz o yüzden ortalama bir şey aldığımız 9 saat falan diye düşündük.

Açıklamalarda oluşturulan modelde güneşlenme süresinin doğruluğu değerlendirilmektedir. Diğer katılımcıların açıklamalarına bakıldığında güneş paneli sisteminin depolama özelliğini dikkate almadan hesaplama yaptıkları söylenebilir. Yani öğretmenler problem çözümü için gerekli tüm değişkenleri belirleyememiştir. Öte yandan, modeli oluşturan öğretmenler güneşlenme süresini gerçek değerlere dayalı bir biçimde ele almıştır. Gerçekçi verilerle uğraşma ve gerekli tüm değişkenleri belirleyememe daha önce rastlanan durumlardır. Yapılan değerlendirmeyle birlikte sunum süreci tamamlanmıştır. Öğretmenlerin bu etkinlik bağlamında disiplinler arası modelleme süreci Şekil 2'de özetlenmektedir.



Şekil 2. Birinci grubun DMM süreci

İkinci gruptaki öğretmenlerden matematik öğretmeni Faruk ve fen bilimleri öğretmeni Hakan'ın oluşturdukları modele ilişkin ilk açıklamaları şu şekilde olmuştur:

Hakan: Şimdi burada en uygun şekilde sistemi döşememiz gerekiyor. Bunun için biz öncelikle aletlerin çalışma sürelerini dikkate alarak haftalık çalışma saatlerini bulduk. Öncelikle buzdolabı, çamaşır, bulaşık makinası, elektrik süpürgesi bunların günlük çalışma saatleri, bazı cihazların da haftalık özellikle bulmaya çalıştık. Çalışma saatlerini belirledikten sonra bunların hepsinin bir haftada harcayacağı enerjiyi bulduk. Aydınlatma için de kullanılma sürelerine değerler verdik ve haftalık toplam enerji tüketimini 54020 watt olarak belirledik. Son olarak 52 ile çarptık ve yıllık tüketimi 2.809.040 wh olarak bulduk. Bunu da 12 ye böldük aylık miktarı belirlemek için, o da 234.087 wh çıktı, bunu da kwh'e dönüştürdük. 234,087 kwh olarak bulduk. Sonuçta elektrik faturaları kwh cinsinden olduğu için öyle yapalım dedik. Sonra faturayı hesapladık, 56,8174 faturamız çıkıyor bizim. Aylık olarak bizim kullanmış olduğumuz bu araçların ücreti 56,82 ₺ lik bir fatura oluyor.

$Buzdolabı = 16720 \text{ wh}$
 $\text{Çamaşır M.} = 17200 \text{ wh}$
 $Bulaşık M. = 5000 \text{ wh}$
 $\text{Elektrik süpürge} = 10000 \text{ wh}$
 $Televizyon = 2000 \text{ wh}$
 $Fırın = 8000 \text{ wh}$
 $Sık kurutma M. = 2000 \text{ wh}$
 $Ark = 4300 \text{ wh}$
 $Bulaşık mak. = 2000 \text{ wh}$
 $\text{Aydınlatma} = 800 \text{ wh}$
 $Sulu = 1100 \text{ wh}$
 $Mutfak = 400 \text{ wh}$
 $Y. odası = 800 \text{ wh}$
 $G. odası = 560 \text{ wh}$
 $Koridor = 200 \text{ wh}$
 $Tuvalet = 280 \text{ wh}$
 $Banyo = 54020 \text{ wh}$
 $\text{Toplam} = 54020 \text{ wh}$
 $\text{Aylık enerji} = 234,087 \text{ kwh}$
 $\text{Aylık ücret} = 56,82 \text{ ₺}$

Açıklamalarda öğretmenlerin problem çözümü için gerekli değişkenleri belirlediği, varsayımlarda bulunduğu ve verileri matematiskselleştirmeye çalıştığı görülmektedir. Bu anlamda zihinsel model oluşturma basamağına ait açıklamalar, model oluşturma basamağına geçişin de gerçekleştiğini göstermektedir. Öğretmenlerin diğer gruba

benzer şekilde gerçekçi varsayımlarda bulunduğu görülmektedir. Öte yandan, çözümlerine bakıldığında aylık tüketimi hesaplama yaklaşımlarında farklılık bulunmaktadır. İlk grup aylık tüketimi hesaplamak için haftalık tüketimi dört ile çarparken, bu gruptaki öğretmenler, aylarda dört haftanın dışında kalan günleri de hesaplama dahil etmek için yıllık tüketim üzerinden bir hesaplama başvurmuştur. Bu anlamda ikinci grubun hesaplamalarının daha gerçekçi olduğunu söylemek mümkündür. Öğretmenler tüketimi bu şekilde belirledikten sonra uygun panel türünü belirlemeye çalışmıştır:

Faruk: Faturayı belirledikten sonra en uygun panelin hangisi olacağını belirlemeye çalıştık. Yaptığımız hesaplamalar sonucunda en uygun panelin B olduğuna karar verdik.

Panel Gücü Watt Sene (Yılı) Enerji
 A marka = 2000 x 3000 = 6.000.000 Watt = 6.000 kWh
 B marka = 6m² x 800wh = 4.800 kWh = 4.800 kWh
 B marka = 6m² x 800wh = 4.800 kWh = 4.800 kWh
 A marka = 6m² = 3.350 kWh = 3.350 kWh
 B marka = 6m² = 3.652 kWh = 3.652 kWh
 A marka = 1 kWh = 4,18 €
 B marka = 1 kWh = 4 €
 C marka = 1 kWh = 4,78 €

DMM sürecinde model oluşturma ve modeli çözme basamağına denk gelen açıklamalarda öğretmenlerin uygun panel türünü belirlemek için birim watt miktarının maliyetini hesaplayarak karşılaştırma yaptıkları görülmektedir. Bu gruptaki öğretmenler diğer gruptan farklı olarak önce uygun maliyetli panel türünü belirlemiş, sonrasında enerji tüketimini karşılayacak panel miktarını belirlemiştir. Bu anlamda iki grubun modelleri farklılaşmaktadır. Bu durum, DMM etkinliğinde doğru cevabın tek olmadığını, doğası gereği farklı çözümleri barındırdığını da göstermektedir. Öğretmenler panel türünü belirleyerek, enerji tüketimini karşılayacak güneş paneli sisteminin maliyetini belirlemiştir:

Hakan: B marka panelin bize maliyeti 12500 ₺. Şimdi biz bunu sadece bir sene kullanmayacağız, toplam verimli çalışma süresi 25 yıl. Peki, 25 yıllık ortalama fatura bedeli ne kadar olur bunun? Onu da hesapladık ve 17043 ₺ bulduk onu da. 25 yıllık için baktığımız zaman 12850 ₺ ücreti var. Baktığımız zaman matematiksel olarak yaklaşık olarak 4200 ₺ lik bir kârımızın olduğunu gördük ve bu kâr bize mantıklı geldi ve dedik ki kullanmak faydalı bir şeydir, kullanmak gerekiyor diye bir sonuca vardık yani.

Maliyet Fatura
 B marka Panel 7,5m² 4.000 €
 Ek masraflarla birlikte 4200 + 18500 = 12.500 €
 25 yıllık ortalama Fatura Bedeli: 17.043 €
 Sonuç: Normal şartlarda B marka 7,5m² panel kullanmak daha karlıdır.

Öğretmenler güneş paneli sisteminin kârlı olduğunu belirleyerek modellerini tamamlamıştır. Açıklamalarda öğretmenlerin hesaplama sonucunu gerçek dünya bağlamında yorumladığı ve anlamlı olup olmadığını değerlendirdiği görülmektedir. Yani Hakan öğretmenin yapmış olduğu açıklama, DMM sürecinde dönüştürme ve

değerlendirme basamağına ilişkindir ve basamaklar arasındaki geçişin iç içe ve esnek olduğunun göstergesidir. Fakat öğretmenlerin modellerinde panel sisteminin onarım masrafı gibi bazı önemli değişkenleri dikkate almadığı söylenebilir. Bu tespit diğer öğretmen grubunda da gözlenmiştir. Faruk ve hakan öğretmenlerin dikkate almadığı bu değişken, gruptaki diğer öğretmenlerin modeli değerlendirme aşamasında ifade edilmiştir. Öğretmenlerin modelde elde edilen sonuçların ne kadar anlamlı olduğunu sorguladığına ilişkin açıklamalar şu şekildedir:

Abdullah: 25 yılda 4200 lira sizce çok para mıdır?

Hakan: Matematiksel olarak karlı dedik yoksa gerçekte sadece 25 yıl, sonrası da var ama biz onu hesap etmedik, o açıdan.

Faruk: %75 verimle devam edecek.

Araştırmacı: Peki faturalarda 25 yıl içindeki olası değişikliği dikkate aldınız mı?

Faruk: Onu zaten konuştuk hocamla dedik zaten bu fatura da artıyor.

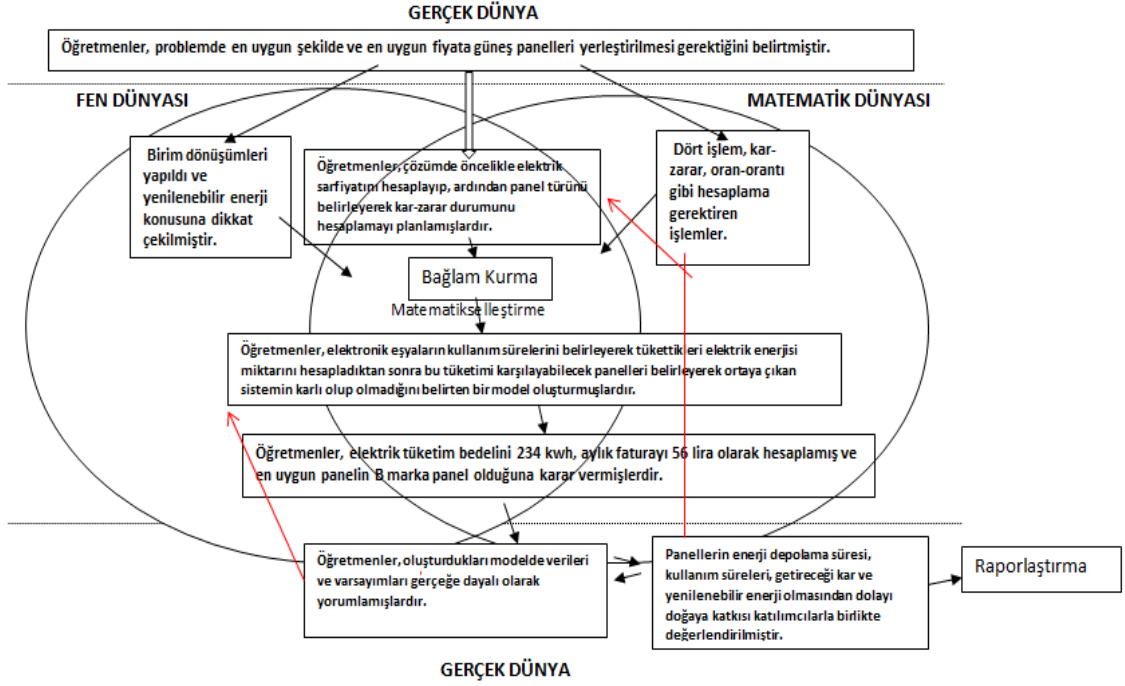
Araştırmacı: Yani o kâr miktarı daha fazla aslında.

Faruk: Daha fazla oluyor, evet.

Abdullah: Ya bunu işte ya gerçek hayattaki karşılığı için ben dedim ki 4000 ₺ çok mu acaba 25 yılda. Onu sorguladım karar verirken. Yani bir de mesela işte diyelim ki bozuldu onun usta masrafı var şunu var bunu var. Bunu eklediği zaman acaba bunu karşılayacak mı? Bir de 25 yıldan sonra nasıl olsa %75 verimle devam edecek, acaba o da günlük enerji ihtiyacını karşılayacak mı, öyle olursa devam etmek mantıklı olabilir ama yok karşılamıyorsa. Bir de üstüne ben şunu düşündüm kışın 6 saatse kış eğer karanlıkta kalacaksa, buzdolabı çalışmayacaksa o zaman bir anlamı kalmayacaktır. Biz de çözüm yaparken bunu dikkate aldık ve 6 saate göre yaptık. Depolama fen bilimleriyle ilgili olduğu için hocama sordum, fakat bu noktada depolama miktarı bilgisine ulaşamadık. O nedenle 6 saati dikkate aldık.

Hakan: Fuarda vardı güneş panelleri. Benim de çok merak ettiğim şey bu enerjinin nasıl depolandığıydı. Gittim gördüm o aletleri falan depolandıkları yerleri o açıdan sıkıntı olmuyor. Sonuca şu açıdan bakalım; artık yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerekiyor. İnsanların bunlara yönelmesi lazım, yenilenemez enerji kaynakları tükeniyor. Yani 4000 liranın yanında bir de bu açıdan düşünelim. Yani bir güneş enerjisini kullanacağız, bedava herhangi bir ücret ödemeyeceksin hem de sistemini kurunca doğaya katkıda bulunacaksın.

Oturumda yer alan matematik öğretmenlerinden Abdullah öğretmen, grubun modelini değerlendirirken kendi modeliyle karşılaştırmış ve bu şekilde kendi modelini de değerlendirme fırsatı bulmuştur. DMM sürecinin değerlendirme basamağıyla ilgili olan açıklamalar, aynı zamanda disiplinler arası ilişkiyi de göstermektedir. Abdullah öğretmenin etkinlikteki fen bilimleri bağlamını farkında olmadan vurguladığı açıklamalar ayırıştırma basamağının kısa süreli ortaya çıkışını göstermektedir. Grup değerlendirmesinde değerler eğitimine de vurgu yapıldığı görülmektedir. Söz konusu durum, DMM etkinliklerinin farklı boyutları da barındırdığını göstermektedir. Yapılan değerlendirmelerle birlikte sunum süreci tamamlanmıştır. İkinci grubun DMM süreci Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. İkinci grubun DMM süreci

Tartışma

Matematik ve fen bilimleri öğretmenlerinin birlikte DMM etkinliği çözme aşamalarının incelendiği bu araştırmada önemli bazı bulgular elde edilmiştir. DMM, literatür için yeni bir yaklaşımdır, dolayısıyla DMM etkinliğinde ortaya çıkan durumlar ve çözüm aşamalarıyla ilgili yeterli sayıda araştırma bulunmamaktadır. Bu araştırmanın literatüre bu yönüyle katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Tüm katılımcıların DMM etkinliği ile ilk etkileşimleri olan bu uygulama, öğretmenlerin genel olarak problem çözümünde zorlanmadığını ve ortaya bir model koyduklarını göstermektedir. Matematiksel modelleme sürecinin başarıyla tamamlanması için bireylerin sahip olmaları gereken yeterliklerden biri matematiksel yeterliktir (Maaß, 2006). Bireylerin matematiksel bilgilerindeki yetersizlikten dolayı model oluşturamadığı çalışmalarda belirtilmektedir (Maaß, 2007; Çavuş Erdem, 2018). Katılımcıların etkinliğin gerektirdiği matematik ve fen bilimlerine ait bilgilere, o disiplinlerin öğretmenleri olmaları sebebiyle sahip oldukları ve bu nedenle etkinlikte genel anlamda zorluk yaşamadıkları ifade edilebilir. Öte yandan sürecin genel yapısından ziyade basamaklarına ilişkin bulgular ayrı ayrı incelendiğinde, öğretmenlerin bazı konularda zorlandığı söylenebilir. Öğretmenlerin DMM sürecinde zorlandıkları bölümler; “değişkenleri belirleme”, “varsayımları oluşturma”, “genel bir çözüm için zihinsel model oluşturma” şeklinde sıralanabilir. Matematiksel modelleme uygulamalarında yaşanan zorluklardan biri, bireylerin problem durumunda direkt verilmeyen gerçek yaşam durumlarıyla ilgili bilgilerinin yeterli olmadığı durumlarda varsayım oluşturamamaları şeklinde belirtilmektedir (Blum, 2011). Benzer şekilde bu çalışmada, öğretmenler güneş paneli sisteminin depolama özelliğiyle ilgili yeterli bilgiye sahip olmadıkları için sınırlı varsayımlarda bulunmuş, aynı zamanda maliyeti belirlerken önemli bir değişken olan onarım-bakım maliyetini göz ardı etmiştir.

Matematiksel modelleme etkinliklerinde problem durumu gerçek yaşam bağlamının içinde yer alır ve öğrencilerin problem durumunu kendilerine göre anlamlandırması gerekir (Lesh ve Harel, 2003). Etkinliklerde öğrenciler uygun matematiksel araçları kendileri seçmekte ve farklı çözüm yolları keşfedebilmektedir (Antonius, Haines, Jensen, Niss ve Burkhardt, 2007). Bu araştırmanın verilerine dayanarak, DMM etkinliklerinde de bireysel çözümlerin çıktığını söylemek mümkündür. Yukarıda açıklanan özellikler aynı zamanda, matematiksel modelleme ve DMM etkinliklerini geleneksel problemlerden ayırmaktadır, çünkü geleneksel problemler gerçeklikten uzak, genellikle idealleştirilmiş verilerin hazır sunulduğu yapılardır ve problem metninde yer alan veriler çözüm için yeterlidir. Öğrenme ortamlarında geleneksel problemlerin kullanılması ve matematiksel modelleme uygulamalarının öğretim programında yer almaması (Çavuş Erdem vd., 2017) gerçeğinden yola çıkarak, öğretmenlerin bu tarz etkinliklere alışkın olmadığı söylenebilir. Doğal olarak problem metninde verilmeyen değişkenleri göz ardı etmeleri olasıdır. Öte yandan öğretmenler, problem çözümü için belirlenen değişkenleri gerçeğe dayalı bir biçimde değerlendirmiş ve gerçekçi varsayımlar oluşturmuştur. Matematiksel modelleme etkinliklerinde bireyin gerçek yaşam durumunu deneyimleriyle açıkladığı ve model oluşturduğu (Borromeo Ferri, 2018) dikkate alındığında öğretmenlerin bu değerlendirmeleri beklenen bir çıktıdır. Diğer bir deyişle verilerin gerçekçi yorumlanması, çalışma grubunun deneyimlerinin yeterli olmasıyla açıklanabilir. Araştırmada çalışma grubunun deneyimlerinin yeterli olmasının etkilediği bir diğer durum, DMM sürecinde bazı basamakların belirgin bir şekilde ortaya çıkmamasıdır. Araştırmada ayrıştırma ve bağlam kurma basamakları net bir şekilde ortaya çıkmamıştır ve bu durumun öğretmenlerin matematik ve fen bilimleri yeterliklerinin üst düzey olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. DMM sürecinin ayrıştırma basamağında etkinlikte yer alan disiplinlere ait kavramlar ayrıştırılır (Doğan vd., 2018). Burada birey, kavramla ilgili bilgilerini aktive etmek için ilgili disiplinden yararlanır ve bireyin deneyim sahibi olması ayrıştırmayı hızlı bir şekilde gerçekleştirmesine olanak sağladığından, bu basamakta incelenen çalışma grubu için bu deneyimin devreye girdiği söylenebilir. Araştırmada ayrıca DMM sürecinde basamaklar arasındaki geçişin esnek ve iç içe olduğu net bir şekilde gözlenmiştir. Örneğin, araştırmada problem çözümüne ilişkin bir diyalog, bazı durumlarda model oluşturma ve modeli çözüme basamağıyla ilgiliyken, bazı durumlarda model oluşturma basamağından dönüştürme basamağına geçişi yansıtmıştır. Matematiksel modelleme sürecinde basamaklar arasındaki geçişin esnek olduğu bazı çalışmalarda vurgulanmaktadır (Doerr, 1997; Borromeo Ferri, 2018). Ayrıca, DMM sürecinde basamaklar arasındaki esneklik önemli bir özellik olarak ifade edilmektedir (Doğan vd., 2018). Bu anlamda araştırma bulguları literatürle örtüşmektedir. Araştırmada son olarak DMM etkinliğinin farklı disiplinlerin birlikte ele alınmasına imkân sağladığı belirlenmiştir. Etkinlik çözümünde fen bilimlerine ait kavramlarla ilgili tartışmalar ve değerler eğitime yönelik açıklamalar DMM'nin disiplinler arası boyutuyla ilgili ifadelerdir. Matematiksel modellemenin farklı disiplinlerin ilişkilendirilmesine uygun yapıda olduğu (English, 2015) ve bu özellikten hareketle ortaya çıkan DMM yaklaşımında, farklı disiplinlere ait kazanımların bir arada ele alınacağı

belirtilmektedir (Doğan vd., 2018). Araştırmada, etkinlik çözümünde bir öğretmenin diğer disipline ait kavramlara ihtiyaç duyarak farklı branştan öğretmenle işbirliği içinde çalışması, her iki disiplinin işe koşulduğunu göstermektedir. Tüm bu açıklamalar, DMM'nin amacına hizmet ettiğini göstermektedir.

Sonuç ve Öneriler

Matematiğin farklı disiplinlerle birlikte ele alındığı DMM, eğitim anlayışında yeni bir yaklaşımdır ve bir yaklaşımın öğrenme ortamına taşınmasında sahanın uygulayıcıları olan öğretmenlerin deneyim kazanmasını sağlamak önemlidir. Bu anlayıştan hareketle, matematik ve fen bilimleri öğretmenlerinin öncelikle bir DMM etkinliğinin özelliklerini bilmeleri ve bu tür etkinlikleri çözme deneyimi yaşamaları gerekmektedir. Öğretmenlerin bir DMM etkinliğini nasıl çözdüklerinin incelendiği bu araştırmada, önemli sonuçlar elde edilmiştir. Öğretmenlerin özellikle branşlarına ait deneyimlerinin ve yeterliklerinin üst düzeyde olması, gerçekçi varsayımlar oluşturmalarını sağlamıştır. Öte yandan farklı disiplinlerin bir arada ele alındığı bu tür etkinliklerle daha önce karşılaşmamış olmaları çözüm sürecinde bazı değişkenleri göz ardı etmelerine neden olmuştur. DMM sürecinde basamaklar arasındaki geçişin esnek ve iç içe olması, matematikle birlikte farklı disiplinlere ait kazanımların birlikte ele alınmasını sağlamıştır. Araştırma sonuçları öğretmenlerin DMM'nin etkinlik boyutuyla ilgili deneyimlerinin yeterli olmadığını göstermektedir. Bu nedenle öğretmenlerin deneyimlerini artıran çalışmaların yürütülmesi ve öğretmenlerin modelleme yeterliklerini alt boyutlarıyla birlikte ele alan araştırmaların yapılması, bu araştırmada sunulan önerilerdir.

Kaynaklar

- Altun, M. (2002). Matematik öğretimi kitabı. *İstanbul: Alfa Yayın Dağıtım*.
- Antonius, S., Haines, C., Jensen, T. H., Niss, M. ve Burkhardt, H. (2007). Classroom activities and the teacher. In *Modelling and applications in mathematics education*, (pp. 295-308). Springer: Boston, MA.
- Baxter, P., & Jack, S. (2008). Qualitative case study methodology: Study design and implementation for novice researchers. *The qualitative report*, 13(4), 544-559.
- Blum, W. (2011). Can modelling be taught and learnt? Some answers from empirical research. In *Trends in teaching and learning of mathematical modelling* (pp. 15-30). Springer: Dordrecht.
- Blum, W., & Ferri, R. B. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt?. *Journal of mathematical modelling and application*, 1(1), 45-58.
- Blum, W., & Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects—State, trends and issues in mathematics instruction. *Educational studies in mathematics*, 22(1), 37-68.
- Blum, W., Galbraith, P. L., Henn, H. W., & Niss, M. (2007). *Modelling and applications in mathematics education*. New York: Springer.
- Borromeo Ferri, R. (2018). *Learning How to Teach Mathematical Modeling in School and Teacher Education*. Springer International Publishing.

- Borromeo Ferri, R., & Blum, W. (2009). Mathematical modelling in teacher education—experiences from a modelling seminar. In *Proceedings of CERME* (Vol. 6, pp. 2046-2055).
- Çavuş Erdem, Z., (2018). “Matematiksel Modelleme Etkinliklerine Dayalı Öğrenim Sürecinin Alan Ölçme Konusu Bağlamında İncelenmesi”, Yayınlanmamış Doktora tezi, Adiyaman Üniversitesi, Adiyaman.
- Çavuş Erdem, Z., Doğan, M. F., Gürbüz, R., & Şahin, S., (2017). Matematiksel Modellemenin Öğretim Araçlarına Yansımaları: Ders Kitabı Analizi. *Adiyaman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, vol. 7, no.1, pp. 61-86.
- Doğan, M. F., Gürbüz, R., Çavuş Erdem, Z. ve Şahin, S., (2018). STEM eğitimine geçişte bir araç olarak matematiksel modelleme. R. Gürbüz ve M. F. Doğan (Ed.), *Matematiksel modellemeye disiplinler arası bakış: Bir STEM yaklaşımı*. (ss. 43-56). Ankara: Pegem Akademi.
- Doğan, M.F., Şahin, S., Çavuş Erdem, Z. & Gürbüz, R. (2018). Investigation of Teachers' Awareness of Interdisciplinary Mathematical Modeling Problem, *International Conference on Mathematics and Mathematics Education (ICMME-2018)*, Ordu University, 27-29 June 2018, Ordu.
- Doerr, H. M. (1997). Experiment, simulation and analysis: An integrated instructional approach to the concept of force. *International Journal of Science Education*, 19(3), 265-282.
- Doruk, B. K. (2010). Matematiği günlük yaşama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi. Yayınlanmamış doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İlköğretim Anabilim Dalı, Ankara.
- English, L. D. (2015). STEM: Challenges and opportunities for mathematics education. In *Proceedings of the 39th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 1, pp. 4-18). PME.
- Eraslan, A. (2012). İlköğretim matematik öğretmen adaylarının model oluşturma etkinlikleri üzerinde düşünme süreçleri. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 12(4), 2953-2968.
- Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. J. (2012, August). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer. Congressional Research Service, Library of Congress.
- Hamilton, E., Lesh, R., Lester, F. R. A. N. K., & Brilleslyper, M. (2008). Model-Eliciting Activities (MEAs) as a Bridge between Engineering Education Research and Mathematics Education Research. *Advances in Engineering Education*, 1(2), n2.
- Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258.
- Korkmaz, E. (2010). İlköğretim matematik ve sınıf öğretmeni adaylarının matematiksel modellemeye yönelik görüşleri ve matematiksel modelleme yeterlikleri. Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi.
- Lesh, R., & Harel, G. (2003). Problem solving, modeling, and local conceptual development. *Mathematical thinking and learning*, 5(2-3), 157-189.
- Maaß, K. (2006). What are modelling competencies?. *ZDM*, 38(2), 113-142.

- Maaß, K. (2007). Modelling taks for low achieving students. First results of an empirical study. In *CERME 5—Proceedings of the Fifth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 2120-2129).
- Olkun, S., Toluk, Z. (2001) İlköğretimde matematik öğretimi 1-5 Sınıflar, Artım Yay.
- Schorr, R., & Lesh, R. (2003). A modeling approach for providing teacher development. *Beyond constructivism: A models and modeling perspective*, pp. 141-158.
- Tuna, A., Biber, A. Ç., & Yurt, N. (2013). Matematik Öğretmeni Adaylarının Matematiksel Modelleme Becerileri. *Gazi University Journal of Gazi Educational Faculty (GUJGEF)*, 33(1), 129-146.
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: Design and methods*. (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Ek 1. Güneşten Elektrik Problemi

GÜNEŞTEN ELEKTRİK PROBLEMİ (Isındırma Aktivitesi)

Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının önem kazanmasıyla birlikte, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olan güneş enerji sistemleri elektrik enerjisi üretiminde sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Güneş enerji sistemleri, güneş panelleriyle toplanan enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Panellerin ürettiği elektrik miktarına örnek vermek gerekirse; 70cm x 150 cm ebatlarındaki 200 watt'lık bir güneş enerjisi paneli günde ortalama 6 saat güneş almaktadır. Bu durumda günlük ürettiği elektrik miktarı $200 \times 6 = 1200$ watt'tır.

Watt elektriksel güç birimidir. Elektriksel güç ise birim zamanda harcanan elektrik enerjisinin miktarıdır. $Güç = \frac{Enerji}{Zaman}$ Gücün birimi **watt (w)**, enerjinin birimi **joule**, zamanın birimi **saniye** olarak kabul edilir. Günlük hayatta kullandığımız beyaz eşyaların (buzdolabı, fırın vb.) ve elektronik eşyaların (elektrik süpürgesi, televizyon vb.) harcadığı elektriksel güç miktarı watt ile ifade edilir. Genellikle elektrik süpürgelerinin üzerinde yazan ve wh birimiyle ifade edilen sayı süpürge çalıştırıldığı zaman bir saatte harcadığı elektriksel güç miktarını göstermektedir. Örneğin, 1500 wh'lık bir süpürge çalıştırıldığı zaman bir saatte 1500 watt güç harcamaktadır. Aynı şekilde evlerimizde kullandığımız 20 watt'lık bir ampul, bir saatte 20 watt'lık güç harcamaktadır. Elektrik faturaları da aylık kullanılan kilowatt cinsinden hesaplanmaktadır.

Enerji	Eşya adı
Üretici Model	Logo
Çok Verimli	
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
Az Verimli	
Enerji Tüketimi kWh/yıl (24 saatlik standart deney sonuçlarına göre) Gerçek tüketim cihazın nasıl ve nerede kullanıldığına bağlıdır.	XYZ

Son yıllarda teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, elektronik eşyalar istenilen hizmet ve konfor seviyesini etkilemeksizin daha az enerji tüketerek enerji tasarrufu sağlamaktadır. "Enerji Verimliliği Etiketleri" olarak isimlendirilen yandaki şekil elektronik eşyaların yıllık enerji tüketimini A, B, C, D, E, F ve G harfleriyle isimlendirilen yedi sınıfa ayırmaktadır. A harfi, enerji verimliliği en yüksek, G enerji tüketimi en düşük sınıfı gösterir. Bir başka deyişle, saat başına en az watt tüketen A harfiyle gösterilen tüketim sınıfı, diğer sınıflara göre aynı işi çok daha az enerjiyle yapmaktadır. Örneğin; enerji verimliliği "A" sınıfı olan bir buzdolabı "B" sınıfına göre %23, "D" sınıfı bir buzdolabına göre %45, "G" sınıfı bir buzdolabına göre ise

%56 daha az enerji harcar. Benzer şekilde enerji verimi yüksek "A" sınıfı bulaşık makinesi, "D" sınıfı bulaşık makinesine göre %32, "G" sınıfına göre de %48 enerji tasarrufu sağlar. Enerji verimliliği A sınıfına göre daha yüksek elektronik eşyaların yapılmasıyla birlikte, yeni tüketim sınıfları A⁺ ve A⁺⁺ şeklinde isimlendirilmektedir.

Hazırlık soruları

- Evinizde bulunan elektrik süpürGESİNİ inceleyerek bir saniyede, bir dakikada ve bir saatte harcadığı enerji miktarını bulunuz.
- Evinizdeki elektrik sayacının üstünde bulunan birimi not ediniz.

Evinizde bulunan elektronik eşyaların hangi tüketim sınıfına ait olduğunu yazınız.

GÜNEŞTEN ELEKTRİK PROBLEMİ

Ahmet Bey evinin çatısına güneş panelleri yerleştirmek istemektedir. Çatıya kaç tane panel yerleştirileceğini belirleyebilmek için evde kullanılan elektrik miktarının belirlenmesi gerekmektedir. Evin bazı bölümlerinde avize, bazı bölümlerinde lamba bulunmaktadır. Her avizde bulunan lamba sayısı 3'tür. Her bir lamba 20 wh'tır. Evin bölümlerinde bulunan avize ve lambaların sayısı ile kullanılan elektronik eşyaların elektriksel gücüne ilişkin bilgiler şu şekildedir:

Evin Bölümü	Avize/Lamba sayısı	Evin Bölümü	Avize/Lamba sayısı
Oturma Od.	1 avize	Çocuk Od.	1 avize
Salon	2 avize	Koridor	2 lamba
Mutfak	1 avize	Tuvalet	2 lamba
Yatak Od.	1 avize	Banyo	2 lamba

Elektronik Eşya	Elektriksel Güç (wh)
Buzdolabı	40
Çamaşır Makinesi	800
Bulaşık Makinesi	1250
Elektrik SüpürGESİ	2000
Televizyon	150
Fırın	2000
Saç Kurutma Makinesi	2000
Ütü	2800
Bilgisayar	350

Evin ihtiyacı olan elektrik miktarını üretecek güneş panelleri çatıya döşenirken birtakım kurallara uyulması gerekmektedir. Güneş panelleri, panellerin herhangi bir yeri boşlukta kalmayacak şekilde çatıya yerleştirilmelidir. Panellerin arasındaki mesafe en az 20 cm olmalıdır ve çatıya farklı boyutlarda panellerin döşenmesi mümkündür. Panellerin ebatları ve fiyatlarıyla ilgili bilgiler aşağıdaki gibidir:

Güneş Paneli**	1 Saatte Ürettiği Ortalama Güç (Watt)	Ebatı	Fiyatı (TL)
A marka	300 watt	1 m x 2 m	1250 TL
B marka	200 watt	1 m x 1,5 m	800 TL
C marka	45 watt	55cmx65cm	215 TL

**Güneş panelleri üretilen elektriği depolama özelliğine sahiptir.

Evin bulunduğu yerleşim yerinde panellerin güneşten yararlanma sürelerinin ortalama kışın 6 saat yazın 12 saat olduğu bilinmektedir. Ahmet Bey güneş panellerini elektriği karşılayabilecek şekilde ve en uygun maliyetle gerçekleştirmek istemektedir. Paneller üretilen elektriği depolayabilmektedir. Ahmet Bey'in elektrik ihtiyacını karşılayabilecek güneş panellerinin maliyeti en uygun olacak şekilde çatıya nasıl yerleştirileceğini gösteren bir model oluşturunuz ve bu yerleşimi nasıl yaptığınızı ayrıntılı bir şekilde gösteriniz. Sizce güneş paneli sistemi döşemek Ahmet Bey'e bir kazanç sağlar mı? Model oluşturarak açıklayınız. (Not: Faturanın birim fiyatı 0,2 lira, KDV 10 liradır)