

2017-2018 Bahar Yarıyılı  
Balıkesir Üniversitesi  
Endüstri Mühendisliği Bölümü

## EMM3208 Optimizasyon Teknikleri

*(Optimizasyona Giriş & Temel Kavramlar, Excel Solver Kurulumu ve Kullanımı, Örnekler)*

2

---

Yrd. Doç. Dr. İbrahim Küçükkoç

<http://ikucukkoc.baun.edu.tr>

[ikucukkoc@balikesir.edu.tr](mailto:ikucukkoc@balikesir.edu.tr)

# Optimizasyona Giriş & Temel Kavramlar



KEEP  
CALM  
AND  
START  
OPTIMIZING

## Optimizasyon Nedir?

Optimizasyon, en genel anlamıyla, bir sistemde, belirli kısıtlar altında, belirlenmiş bir amaç fonksiyonunun değerinin en iyilenmesi amacıyla karar değişkenlerinin alacağı değerleri belirleme işlemidir.

Diğer bir ifade ile, istenen bir çıktıyı elde etmek amacıyla, sistem girdilerinin ve/veya bu girdilerin değerlerinin ne olacağını belirleme sürecidir.

Amaç fonksiyonunun en iyilenmesi demek, problemin türüne göre en küçüklenmesi (minimizasyon) veya en büyüklenmesi (maksimizasyon) olabilir.

Örneğin bir çizelgeleme probleminin, geciken iş sayısını en küçükleme amacıyla çözülmesi bir optimizasyon problemidir. Aynı şekilde, bir montaj hattı dengeleme probleminin istasyon sayısını minimize etmek (veya hat etkinliğini maksimize etmek) amacıyla, veya bir ekonomik stok miktarı belirleme probleminin toplam maliyeti minimize etmek amacıyla çözülmesi birer optimizasyon işlemidir.

# Optimizasyona Giriş & Temel Kavramlar



Simülasyon, girdilerin bilindiği bir sistemde, çıktının tahmin edilmesi, belirlenmesi, sürecidir. Örneğin, siparişlerin geliş zamanının ve sistemde geçireceği sürelerin bilindiği bir üretim sürecinin simülasyonu sonucu, üretimin ne zaman tamamlanacağı, sistemdeki boş zamanlar, sistemin etkinliği vs. büyük oranda hesaplanabilir (tahmin edilebilir).

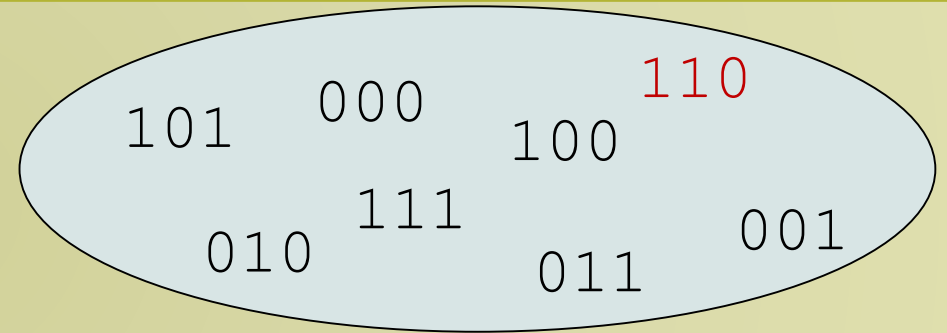
Optimizasyon ise, istenen çıktıyı elde edebilmek amacıyla, girdilerin veya bu girdilerin değerlerinin ne olacağının belirlenmesi sürecidir. Örneğin, istenen yüzey pürüzlülüğünün elde edilebilmesi amacıyla, bir 3B yazıcının parametrelerinin ne olacağının belirlenmesi optimizasyona örnektir.

## Optimizasyona Giriş & Temel Kavramlar

Karar değişkeni, problem çözüldüğü zaman değeri belirlenecek olan sistem ögesidir. Yani aslında karar değişkenlerinin alacağı değerlerin belirlenme süreci, problem çözme sürecidir. Karar değişkenlerinin alacağı değerler, amaç fonksiyonunun değerinin ne olacağına etki eder. Fakat bu süreçte bazı kısıtların sağlanması gerekmektedir.

Çözüm uzayındaki, problemin kısıtlarını sağlayan her hangi bir çözüm, **uygun çözüm** olarak adlandırılır. **Optimum çözüm** ise, uygun çözümler arasından, belirlenen amaca göre en iyi çözümü ifade etmektedir.

**20kg, 75kg ve 60kg** ağırlıklarında üç adet nesne var. 100kg'a en yakın olacak şekilde hangi nesneleri almaliyiz?



**Amac Fonksiyonu: |toplam ağırlık - 100|**

# Optimizasyona Giriş & Temel Kavramlar

Optimizasyon işleminde kullanılan teknikler:

**Analitik Yöntemler (matematiksel modelleme, dal-sınır algoritması, vb.):**

Toleranslar dahilinde optimum çözümü verirler. Büyük boyutlu problemlerde sonuca ulaşmak çok uzun sürer veya ulaşılamaz.

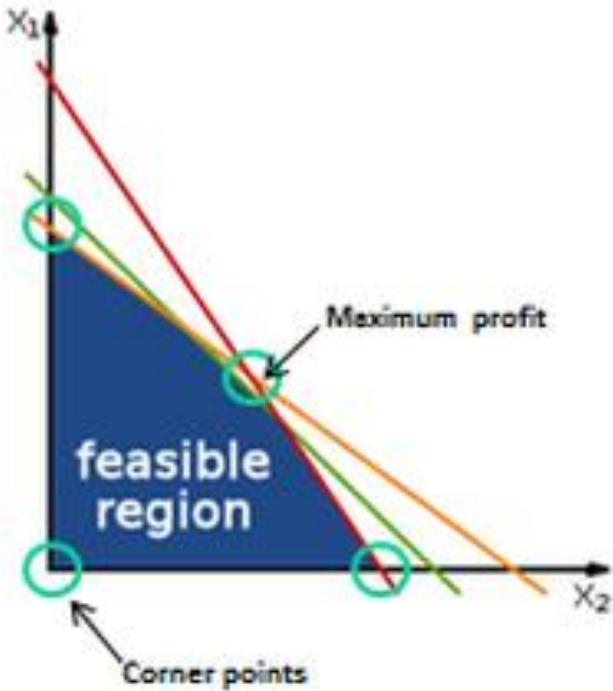
**Sezgisel Yöntemler:**

Probleme özgü çözüm yöntemleridir ve belirli bir algoritmayı takip ederler. Optimum çözümü garanti etmemekle birlikte analitik yöntemlere göre daha hızlı çözüm üretirler. Örn. akış tipi çizelgeleme problemleri için Johnson algoritması, montaj hattı dengeleme problemleri için pozisyon ağırlığı yöntemi, vb.

**Meta-sezgisel Yöntemler:**

Belirli algoritmaların, çözülecek problem yapısına uyarlanması ile elde edilen çözüm yöntemleridir. Örn. genetik algoritma, karınca koloni algoritması, tavlama benzetimi algoritması, vb.

# Doğrusal Programlama



Bir doğrusal programlama problemi genel itibari ile amaç fonksiyonu ve doğrusal sınır/sınırların yer aldığı iki kısımlı bir matematiksel ifadedir. Bu matematiksel ifade ile bir amaç **maksimize** ya da **minimize** edilir.

Doğrusallık ifadesi modelde yer alan tüm değişkenler (fonksiyonlar) arasındaki ilişkinin doğrusal olmasından kaynaklanmaktadır.

Doğrusal sınırların oluşturduğu kesişim kümesinden yola çıkılarak mümkün çözümler ya da uygun çözüm alanı belirlenir. Belirlenen uygun çözüm alanı ise amaç doğrultusunda eniyilenmeye çalışılır.

# Doğrusal Programlama

- Doğrusal programlama (DP) ile bağımsız değişkenlerden oluşan bir dizi fonksiyon ile yine bir dizi bağımsız değişkenlerin bir fonksiyonu olan bağımlı değişkenin optimal değeri belirlenmeye çalışılır.
- Bir başka ifade ile doğrusal programlama, belirli bir amacı eniyilemek maksadıyla sınırlı kaynakların nasıl dağıtılması gerektiğine çözüm arayan bir karar verme aracıdır.

## Doğrusal Programlama Modelinin Kurulması

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j (\leq, =, \geq) x_j \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

**Burada;**

$Z$ : optimize edilmeye çalışılan amaç fonksiyonu

$x_j$ :  $j$ . karar değişkenine atanacak değer yada belirlenecek değişken

$c_j$ : 1 br  $j$ . karar değişkeninin amaç fonksiyonuna katkısı

$a_{ij}$ : Sınır matrisi  $A$ 'yı oluşturan teknoloji katsayıları

$b_i$ :  $i$ . kaynak için gerekli olan miktar (sağ taraf sabiti)

# DP Modellerinin Dayandığı Varsayımlar

## **Doğrusallık:**

DP modeli değişkenler arasındaki ilişkilerin doğrusal olduğu varsayımına dayanır. Bu varsayım, bütün ilişkilerin birinci dereceden fonksiyonlar ile ifade edilmesinden kaynaklanır. Her bir karar değişkeninin amaç fonksiyonuna katkısı, diğer karar değişkenlerinin değerlerinden farklı olarak o karar değişkeninin değeri ile orantılı olması, doğrusallığı göstermektedir. Gerçek dünyada bu duruma uygun düşen örnekler vardır. Mesela, bir makinenin kapasitesi saatte 300 birim ise, bu makineden 2 saatte 600 birim, 3 saatte ise 900 birim ürünün elde edilmesi doğrusallık kavramını açıklamaktadır.

Doğrusallık varsayımı aslında temel olarak orantılı olma ve katkı olmak üzere iki özellik ile ilgilidir:

- Orantılı olma: Bu özellik, her bir karar değişkeninin gerek amaç fonksiyonuna gerekse de tüm kısıtlara etkisinin, söz konusu değişkenin değeriyle doğru orantılı olması gerektiğini ifade eder.
- Katkı: Bu özellik de, kısıtlardaki ve amaç fonksiyonundaki tüm değişkenlerin toplam katkısının bu değişkenlerin tekil (bireysel) katkılarının toplamından oluşması şartını koşar.



# DP Modellerinin Dayandığı Varsayımlar

## **Toplanabilirlik:**

Toplanabilirlik varsayımı doğrusallık varsayımının doğal bir sonucudur. Kıt kaynakların kullanılması çerçevesinde toplanabilirlik varsayımı düşünüldüğünde, rakip faaliyetler tarafından birlikte kullanılan toplam kaynak miktarının bu rakip faaliyetlerin teker teker kullandıkları miktarların toplamına eşitlenmesidir. Bu varsayım amaç fonksiyonu çerçevesinde düşünüldüğünde ise, bu fonksiyonun bağımlı değişkeninin değeri tek tek faaliyetlerden kaynaklanan kar katkılarının toplamına eşitlenmesidir.

## **Bölünebilirlik:**

DP modelinin dayandığı bu varsayıma göre her bir rakip faaliyetin sonsuz derecede bölünebilir olmasıdır. Bu varsayım çerçevesinde, karar değişkenleri tamsayılı değerlerin yanında kesirli değerlerde alabilmekte, kıt kaynaklar kesirli miktarlarda kullanılabilir. Kesirli sonuç istenmeyen durumlarda da DP modeli kullanılabilir fakat elde edilen sonuç yuvarlanır. Bunun dışında karar değişkenlerinin zorunlu olarak tamsayılı değerler almaları istenilirse tamsayılı doğrusal programlama kullanılır.

# DP Modellerinin Dayandığı Varsayımlar

## ***Belirlilik (Kesinlik):***

DP modelinde rakip faaliyetlerin amaç fonksiyonuna katkılarının, kullandıkları kaynak miktarlarının ve kısıtlı kaynakların mevcut miktarlarının önceden kesinlikle bilindikleri varsayılmaktadır. Gerçek hayattaki problemlerin aslında küçük bir bölümü bu varsayımı sağlamaktadır. Doğrusal programlama genellikle gelecekteki faaliyetlerin seçiminde kullanılır. Bu yüzden de parametre değerleri gelecekteki koşullar dikkate alınarak belirlenir. Bundan dolayı, durumun bu şekilde olması halinde kullanılan çözüm yöntemi ise optimal çözüm bulunduğundan sonra bu çözümün parametrelere olan duyarlılığını göstermede kullanılacak olan duyarlılık analizidir.

Görüldüğü gibi bir DP probleminde bu varsayımların tamamının sağlanması halinde modelin kurulması söz konusu olacaktır. Bu varsayımlar dikkate alındığında her karar problemine DP modelinin uygulanamayacağı açıkça görülmektedir.

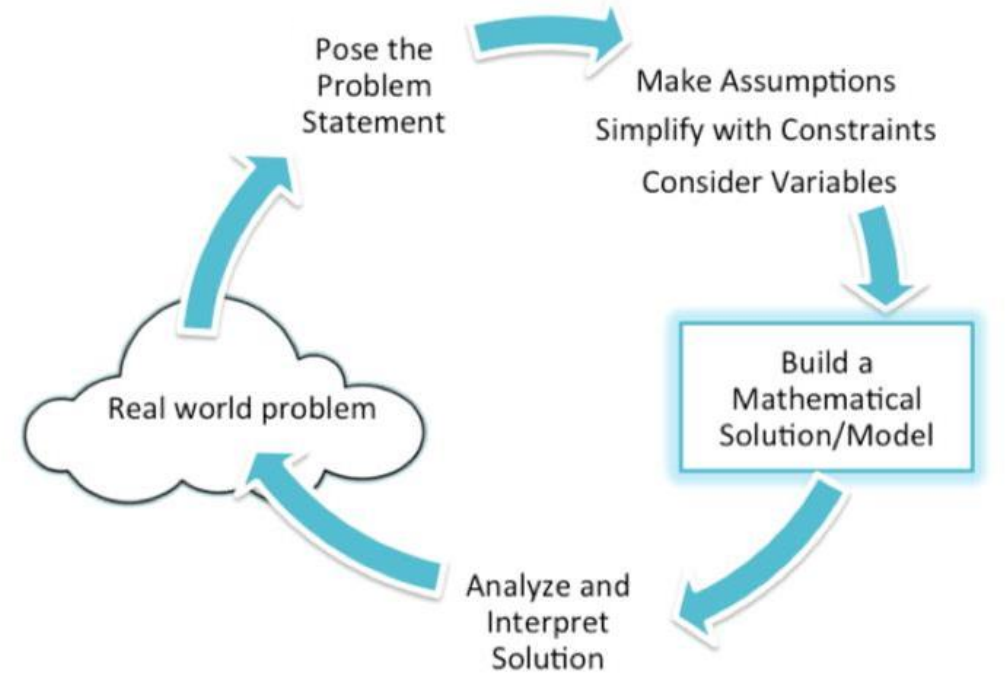
## DP'nin Sanayi Uygulamaları

Doğrusal programlama birçok mümkün çözümler arasından en uygun olanı seçmede kullanılan bir grup matematik teknik olarak tanımlanır. Uygulamada karşılaşılan problemlerin bir çoğu bu tip olduğundan doğrusal programlama, işletmelerde değişik alanlara başarıyla uygulanmıştır. Buna ilave olarak ekonomi tarım ve mühendislik gibi değişik bilimlerde yapılmış çok sayıda uygulama çalışmaları vardır.

Bilgisayarların modellerin çözümünde kullanılması uygulama çalışmalarını hızlandırmıştır. Bu yüzden doğrusal programlama hem planlama hem de günlük programlama meselelerinde başarıyla kullanılmıştır ve gelecekteki uygulama sahasının daha da genişleyeceğine şüphe yoktur. Geçen bir kaç yılda bu uygulamalar hızla geliştirilmiş ve sayıları artmıştır. Doğrusal programlama uygulamasında önem endüstri uygulamalarına geçmiştir. Çünkü doğrusal programlama işletmelerde yöneticilere değişik biçimlerde yararlı ve yardımcı olmaktadır. Öncelikle DP işletmedeki üretim ve işlemler hakkında önceden bilgi vermektedir. İkincisi, endüstriyel sistemlerin yapısını matematik olarak araştırmaya, modeller kurmaya zorlamaktadır. Üçüncüsü de işletmede verimliliğin artması için yöneticilerin elinde önemli bir araç olmaktadır.

## DP'nin Sanayi Uygulamaları

Doğrusal programlama tekniğiyle endüstride karşılaşılan birçok problem kolaylıkla çözülebilmektedir. Ancak dikkat edilmesi gereken nokta, bu problemlerin matematiksel ifadesinde, doğrusal programlamanın gerçek sorunu tam olarak yansıtmayabileceğidir. Çoğu kez modeller bazı varsayımlar altında yapılan bir yaklaşımdır. Bununla beraber modeller işletme ve yönetim için oldukça yararlı sonuçlar vermektedir. Aslında mühendislik gibi uygulamalı bilimlerde de gerçek sorunu kesin bir şekilde ifade eden modeller oldukça azdır. Önemli olan modelin tutarlı bilgiler temin etmeye yeterli doğrulukta olmasıdır.



## DP – Karışım Problemleri

Doğrusal programlama modellerinin uygulamaları göstermiştir ki temelde bir kaç ana model vardır. Diğer uygulamalar bu ana modellerin kombinasyonu ya da değişik konularda uygulamalarıdır.

Uygulamaları değişik şekillerde gruplandırma yapılmaktaysa da temel olarak endüstridekiler üç gruba ayrılabilir:

- a) Değişik üretim konularında üretim ve stok planlama uygulamaları.
- b) Petrol ve diğer sanayi sektörlerinde optimum karışımın tayinindeki uygulamalar.
- c) Doğrusal programlama modelinin özel bir hali olan ulaştırma modelinin uygulamaları.

Örnek olarak karışım problemleri üzerinde duralım.

## DP – Karışım Problemleri

Genel olarak karışım problemlerinde bir ya da daha fazla ürünü elde etmek için çok sayıda ara ürün karıştırılır. Çoğu kez hammaddeler açısından ürünün kalitesini ve miktarını etkileyen sınırlayıcı şartlar vardır. Buna ilaveten son ürünün elde edilmesinde değişik şartlara bağlı hammaddeler çok sayıda değişik biçimde ve miktarda karıştırılabilirler. Bu yüzden karışım probleminin verilen bir amaç fonksiyonunu optimize edecek bir biçimde düzenlenmesi gerekir. Bu genellikle belirli sınır ve şartları sağlayan bir maliyet minimizasyonudur. Karışım problemlerine örnek yalnızca petrol endüstrisi değildir. Yem, gıda, demir-çelik metalürji gibi sanayi kollarında da karışım problemleriyle karşılaşılır.

## DP – Karışım Problemleri

Doğrusal programlama değişik oranlarda doğrusal değişen karışımların, karışım işlemleri için uygun bir yapı gösterir. Bu, hiçbir zaman karışımın bütün fiziki miktarlarının doğrusal değiştiği anlamına gelmez. Bu yüzden doğrusal programlama doğrusal olmayan durumlarda uygulandığında yalnızca yaklaşık bir sonuç verir. Birçok durumda doğrusallık kabulü karışım işlemlerinin incelenmesinde, çok yararlı ve yeterli sonuçlar almayı sağlar.

Doğrusal programlamanın ilk tutarlı ve yararlı uygulaması petrol rafinerilerinin programlamasında olmuştur.

Yakın zamanlarda birçok petrol şirketi bu konuda geniş çalışmalar yapmıştır.

## DP – Karışım Problemleri

Rafineri işlemleri ham petrolün havada damıtılmasıyla başlar. Bu damıtma sonucu çok sayıda ara ürün ortaya çıkar. Diğer ürünler aynı hammadde ya da ara ürünlerin değişik oranlarda karıştırılmasından elde edilir. Bu yüzden rafineri işlemlerinin optimizasyonu oldukça karışıktır. Charnes, Cooper ve Mellon bu konuda öncü çalışmalar yapmışlardır. Bunları diğer çalışmalar izlemiştir.

Demir Çelik endüstrisi ve madencilik için değişik çalışmalar yapılmıştır. Demir çelik endüstrisinde üretim planlamasında ve yüksek fırınlara hammaddelerin yüklenmesiyle ilgili bir doğrusal programlama modelini T. Fabian geliştirmiştir. Ayrıca değişik demir cevherlerinin değerlendirilmesinde ve düşük kaliteli cevherlerin peletlenmesinde doğrusal programlamadan yararlanılmıştır.



## DP – Karışım Problemleri

Dökümhanelerde kupol ya da endüksiyon ocağına malzeme yüklenmesinde değişik kombinasyonlar söz konusudur. Minimum maliyette, istenen kalitede alaşımlı döküm elde etmek için, doğrusal programlamadan yararlanılarak, değişik çalışmalar yapılmıştır.

Görüleceği üzere doğrusal programlama tekniği başta üretim planlama problemleri olmak üzere endüstride ve diğer sahalarda oldukça geniş bir uygulama alanına sahiptir. Çok değişik sorunlara uygulanmış ve büyük tasarruflar sağlanmıştır.

## DP – Karışım Problemleri

Her modelde olduğu gibi doğrusal programlama modelleri de bazı varsayımlardan hareket edilerek düzenlenmektedir. Kuşkusuz sonuçların geçerliliği modelin hazırlanmasında gerekli bilgilerin tutarlılığına bağlıdır. Varılan sonuçlar mutlak ve değişmez veriler değildir. Verilerin toplandığı dönemle uygulanacağı dönemin farklı olması ya da istenen doğrulukta bilgi bulunamaması gibi nedenlerle kesin sonuçlara varılamayabilmir. Ancak soruna yaklaşımın nasıl yapılacağı belirlendiği için yeni verilerle gerçek durumu tespit etmek her zaman mümkündür.

Uygulama çalışmalarının işletme için en önemli yanı her şeyden önce mevcut durumu gözler önüne sermesidir. Ayrıca, üretim, pazarlama ve satın alma gibi işletme politikalarının yönlendirilmesinde, yönetici elinde güçlü bir araç olmasıdır.

## DP – Grafik Çözüm – Örnek

Doğrusal Programlamada 2 karar değişkeni olduğu durumlarda grafik yöntem ile çözüm yapılabilir.

Örneğin, aşağıda verilen matematiksel modeli grafik yöntem ile çözelim.

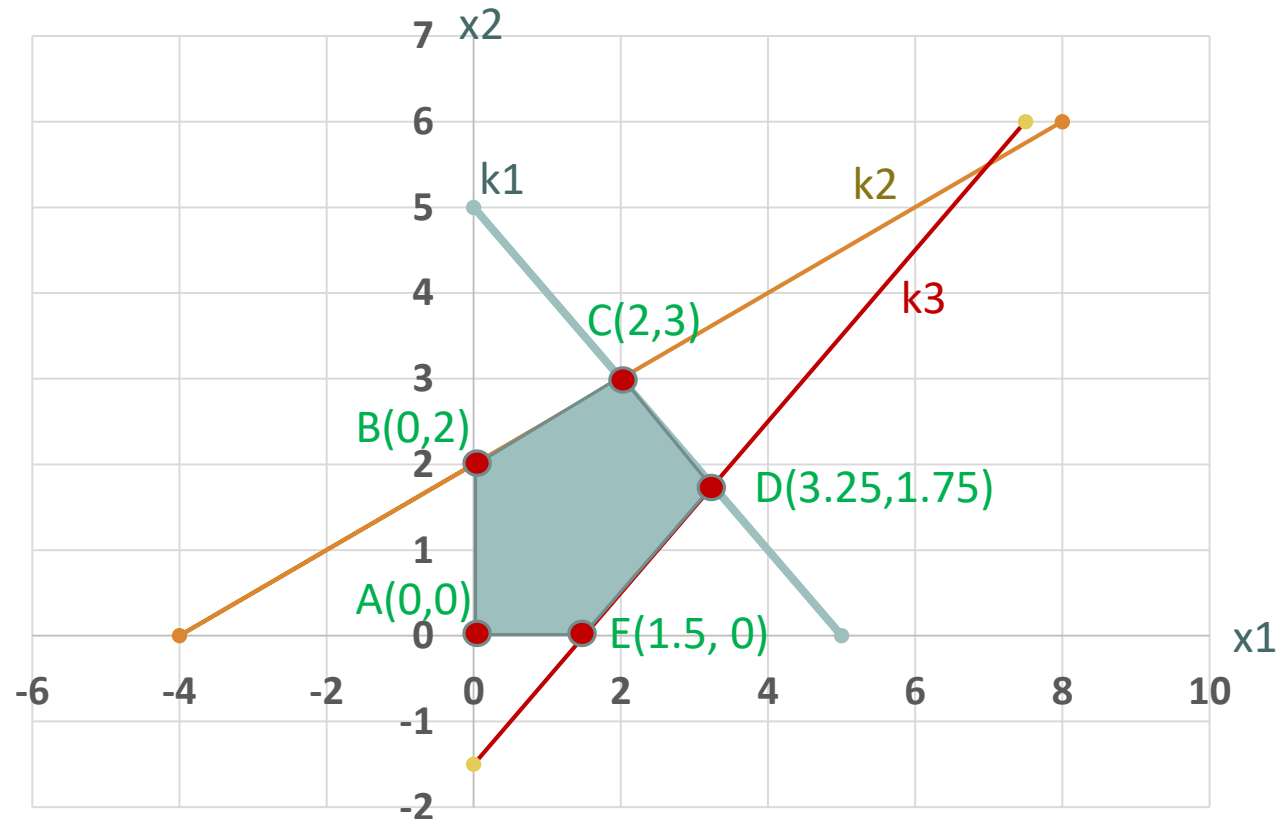
$$\text{Enb } Z = 5x_1 + 3x_2$$

$$x_1 + x_2 \leq 5 \quad (k1)$$

$$-x_1 + 2x_2 \leq 4 \quad (k2)$$

$$2x_1 - 2x_2 \leq 3 \quad (k3)$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

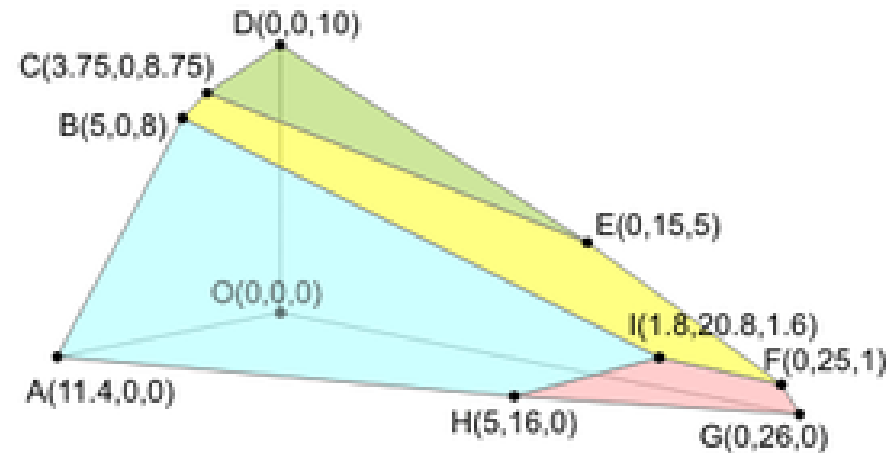


Nokta	Z Değeri
A	0
B	6
C	19
D	21.5*
E	7.5

## DP – Grafik Çözüm – Örnek

Peki ikiden fazla karar değişkeni olsaydı ne olurdu? Üç adet karar değişkeninden oluşan aşağıdaki örneği ve grafik çözümünü inceleyelim.

$$\begin{array}{llll} \text{Maximize} & P = & 20x_1 & + & 10x_2 & + & 15x_3 \\ \text{Subject to:} & & 3x_1 & + & 2x_2 & + & 5x_3 \leq 55 \\ & & 2x_1 & + & x_2 & + & x_3 \leq 26 \\ & & x_1 & + & x_2 & + & 3x_3 \leq 30 \\ & & 5x_1 & + & 2x_2 & + & 4x_3 \leq 57 \\ & & x_1 & , & x_2 & , & x_3 \geq 0 \end{array}$$

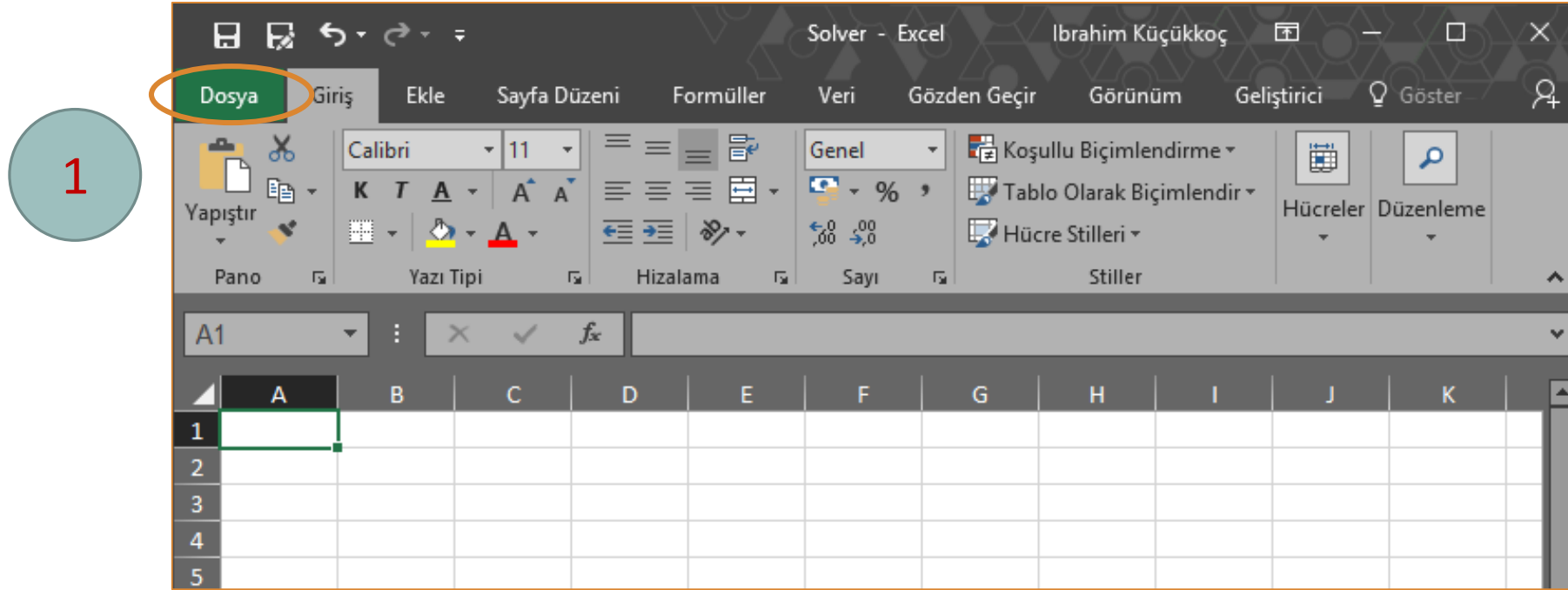


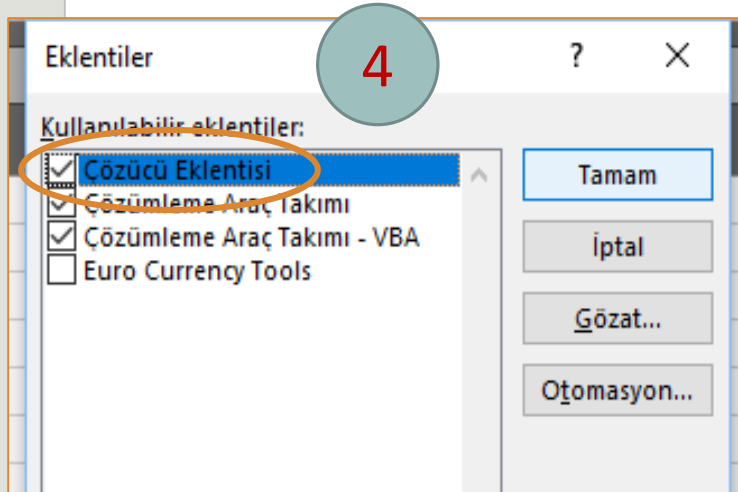
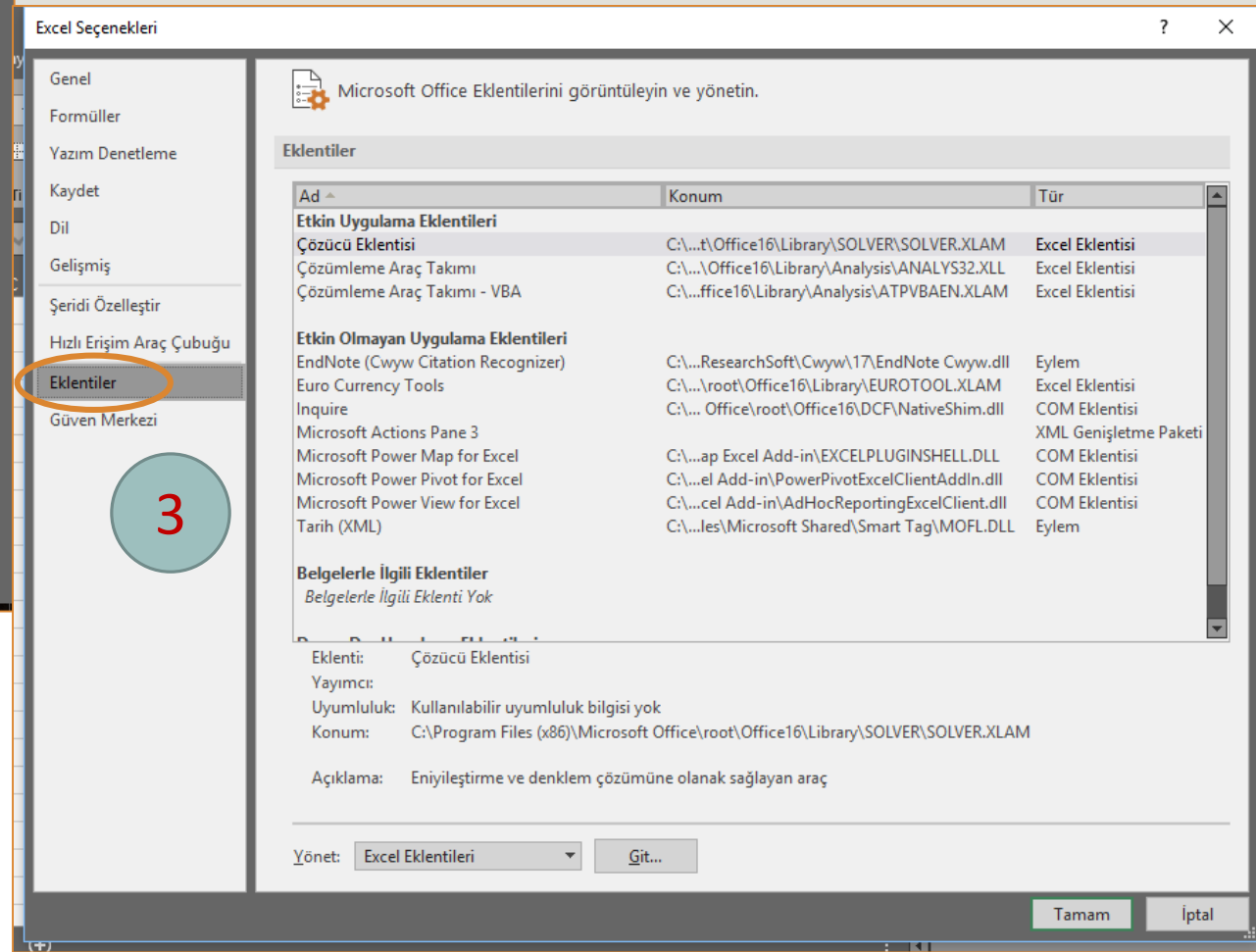
# Problem Çözmede Excel Solver Kullanımı



# Excel Solver Kurulumu ve Kullanımı

Solver eklentisi, Excel ile birlikte gelen bir araçtır fakat kullanabilmek için öncelikle Excel'de **Dosya -> Seçenekler-> Eklentiler** yolu izlenerek **Çözücü (Solver) Eklentisi** etkinleştirilmelidir. Daha sonra Excel kapatılıp yeniden açılmalıdır.

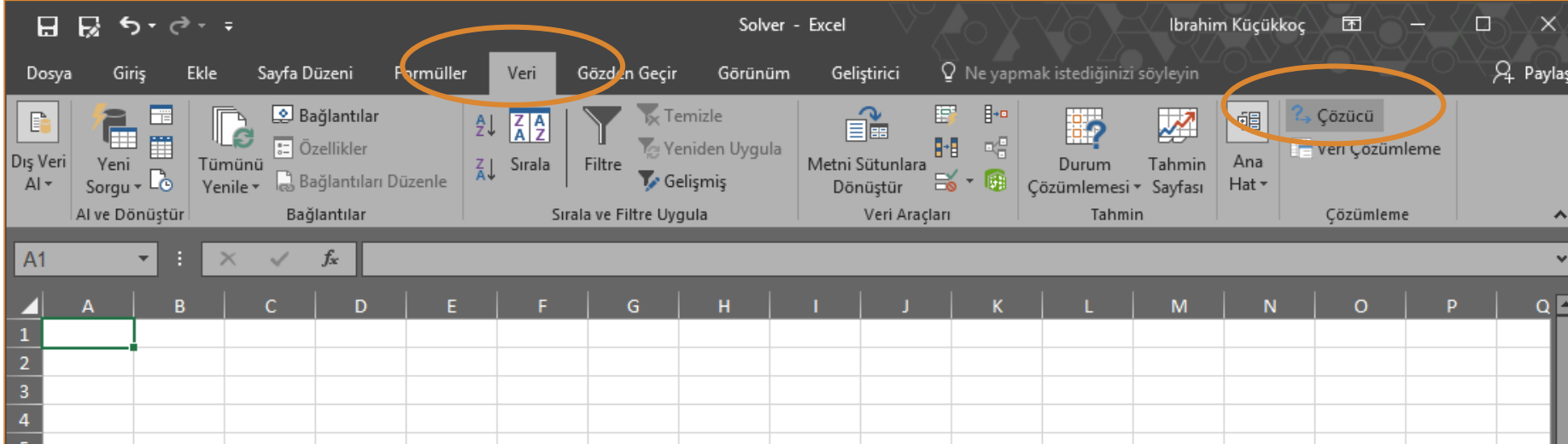




**NOT:** Eğer bir MAC kullanıcısı iseniz bu işlemi yapmak için **Araçlar -> Eklentiler** yolunu izleyerek Solver.xlam eklentisini etkinleştirmeniz gerekmektedir.

# Excel Solver Kurulumu ve Kullanımı

Excel'i kapatıp yeniden başlattıktan sonra, **Veri** menüsüne eklenmiş olan ve kullanıma hazır bulunan **Çözücü** eklentisini görebilirsiniz.





# Excel Solver Kurulumu ve Kullanımı

The image shows the 'Çözücü Parametreleri' (Solver Parameters) dialog box in Excel. It contains the following elements:

- Hedef Ayarla:** A text box labeled '1' for the target cell.
- Hedef:** Radio buttons for 'En Büyük' (labeled '2'), 'En Küçük', and 'Değeri: 0'.
- Değişken Hücreleri Değiştirerek:** A text box labeled '3' for the variable cells.
- Kısıtlamalara Bağlıdır:** A list box labeled '4' for constraints, with buttons 'Ekle', 'Değiştir', 'Sil', 'Tümünü Sıfırla', and 'Yükle/Kaydet' to its right.
- ☒ **Kısıtlanmamış Değişkenleri Pozitif Yap**
- Çözme Yöntemi Seçin:** A dropdown menu set to 'Doğrusal Olmayan GRG' and a 'Seçenekler' button.
- Çözüm Yöntemi:** A text box explaining the GRG Nonlinear engine and Simplex LP engine.
- Buttons at the bottom: 'Yardım', 'Çöz', and 'Kapat'.

Çözücü'ye tıkladığınızda ekrana gelen panel sizden aşağıdaki bilgileri isteyecektir:

- 1: Amaç fonksiyonu değerinin bulunduğu hücre (Bkz: Hedef Ayarla)
- 2: Amaç fonksiyonu stratejisi -maksimizasyon, minimizasyon, hedef değer- (Bkz: Hedef)
- 3: Karar değişkenlerinin bulunduğu hücreler (Bkz: Değişken Hücreleri Değiştirerek)
- 4: Kısıtlar (Bkz: Kısıtlamalara Bağlıdır)

# Excel Solver Kurulumu ve Kullanımı

## Excel Solver Kullanarak Problem Çözme Adımları:

Bir optimizasyon probleminin Excel Solver kullanılarak çözülmesi için sırasıyla aşağıdaki adımlar takip edilir.

- Problem verisi Excel üzerinde mantıklı bir şekilde düzenlenir.
- Modeldeki her bir karar değişkeninin alacağı değeri tutmak üzere bir Excel hücresi belirlenir.
- Bir hücreye, modelin amaç fonksiyonu değerini hesaplayacak olan formülasyon yazılır.
- Her bir kısıt için sol taraf değerlerini hesaplayacak olan bir formülasyon ilgili hücrelere yazılır.
- Excel Solver paneli açılarak karar değişkenleri, amaç fonksiyonu, kısıtlar ve sınırlamalar ilgili kutucuklarda tanımlanır.
- Solver çalıştırılır.

## Excel Solver-Örnek 1: Ahşap Panel Üretimi

Dört tip ahşap panelin (Tahoe, Pacific, Savannah, Aspen) üretildiği bir sistemi ele alalım. Her ahşap panel, çam ve meşe talaşlarının farklı miktarlarda karıştırılıp yapıştırılması ve preslenmesi sonucu oluşmaktadır.

Aşağıdaki tablo, değişik panel tipleri için bir palet panel üretiminde kullanılması gereken kaynak miktarlarını göstermektedir.

Her Bir Palet İçin Gerekli Kaynak Miktarı				
Kaynak/Panel	Tahoe	Pacific	Savannah	Aspen
Yapıştırıcı (litre)	50	50	100	50
Sıkıştırma (saat)	5	15	10	5
Çam Talaşı (kg)	500	400	300	200
Meşe Talaşı (kg)	500	750	250	500

## Excel Solver-Örnek 1

Eldeki (mevcut) kaynak miktarları şu şekildedir:

5800 litre yapıştırıcı

730 saat sıkıştırma kapasitesi

29200 kg çam talaşı

60500 kg meşe talaşı

Her bir palet Tahoe, Pacific, Savannah ve Aspen paneli sırasıyla 450, \$1150, \$800 ve \$400 dolara satılmaktadır.

Firma karını maksimize etmek için her bir panel tipinden kaç palet üretmelidir?

## Excel Solver-Örnek 1

Öncelikle problem matematiksel model olarak ifade edilmelidir.

Karar değişkenleri Tahoe, Pacific, Savannah ve Aspen modellerinin üretim miktarlarıdır. Bunlar sırasıyla  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  ve  $X_4$  olarak düşünülürse amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\text{Max: } 450X_1 + 1150X_2 + 800X_3 + 400X_4$$

Kaynak kullanımlarına ilişkin kısıtlar aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$50 X_1 + 50 X_2 + 100 X_3 + 50 X_4 \leq 5800 \text{ (yapıştırıcı)}$$

$$5 X_1 + 15 X_2 + 10 X_3 + 5 X_4 \leq 730 \text{ (sıkıştırma)}$$

$$500 X_1 + 400 X_2 + 300 X_3 + 200 X_4 \leq 29200 \text{ (çam)}$$

$$500 X_1 + 750 X_2 + 250 X_3 + 500 X_4 \leq 60500 \text{ (meşe)}$$

Herhangi bir panelin üretim miktarı 0'dan küçük olamayacağı için:

$$X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0$$

## Excel Solver-Örnek 1

- a) Öncelikle problem verisi Excel’de uygun ve mantıksal bir formatta yazılmalıdır. Bu aşamada henüz bir formül kullanılmamıştır:

	Panel Tipi					
	Tahoe	Pacific	Savannah	Aspen		
Kazanç	\$450	\$1,150	\$800	\$400		
	Her Bir Palet İçin Gerekli Kaynak Miktarı				Mevcut	
Yapıştırıcı	50	50	100	50	5,800	litre
Sıkıştırma	5	15	10	5	730	saat
Çam Talaşı	500	400	300	200	29,200	kg
Meşe Talaşı	500	750	250	500	60,500	kg

## Excel Solver-Örnek 1

b) Modeldeki karar değişkenlerinin alacağı değerleri tutmak üzere hücreler oluşturulur:

	Panel Tipi					
	Tahoe	Pacific	Savannah	Aspen		
Pallet Sayısı	0	0	0	0		
Kazanç	\$450	\$1,150	\$800	\$400		
	Her Bir Palet İçin Gerekli Kaynak Miktarı				Mevcut	
Yapıştırıcı	50	50	100	50	5,800	litre
Sıkıştırma	5	15	10	5	730	saat
Çam Talaşı	500	400	300	200	29,200	kg
Meşe Talaşı	500	750	250	500	60,500	kg

## Excel Solver-Örnek 1

c) Bir hücreye, modelin amaç fonksiyonu değerini hesaplayacak olan formülasyon yazılır.

Burada toplam kazanç hesabı için '**TOPLA.ÇARPIM**' formülü kullanılır

=TOPLA.ÇARPIM(C19:F19,C18:F18)

Bu formül aşağıdaki işlemi yerine getirir:

$$450X_1 + 1150X_2 + 800X_3 + 400X_4$$

	Panel Tipi					
	Tahoe	Pacific	Savannah	Aspen		
Pallet Sayısı	0	0	0	0	Toplam Kazanç	
Kazanç	\$450	\$1,150	\$800	\$400	\$0	
	Her Bir Palet İçin Gerekli Kaynak Miktarı				Mevcut	
Yapıştırıcı	50	50	100	50	5,800	litre
Sıkıştırma	5	15	10	5	730	saat
Çam Talaşı	500	400	300	200	29,200	kg
Meşe Talaşı	500	750	250	500	60,500	kg



## Excel Solver-Örnek 1

- d) Her bir kısıt için sol taraf değerlerini hesaplayacak olan bir formülasyon ilgili hücrelere yazılır. Resimde belirtildiği üzere ‘Kullanılan’ başlığı altında belirtilen hücreler bu amaçla oluşturulmuştur. Örneğin kullanılan yapıştırıcı miktarını hesaplayan

$$50 X_1 + 50 X_2 + 100 X_3 + 50 X_4 \leq 5800 \text{ formülü}$$

=TOPLA.ÇARPIM(C22:F22,\$C\$18:\$F\$18)

olarak yazılmıştır.

**NOT:** Şu anda karar değişkeni değerleri ‘0’ olduğu için kullanılan kaynak miktarı değerleri de ‘0’ olarak görünmektedir.

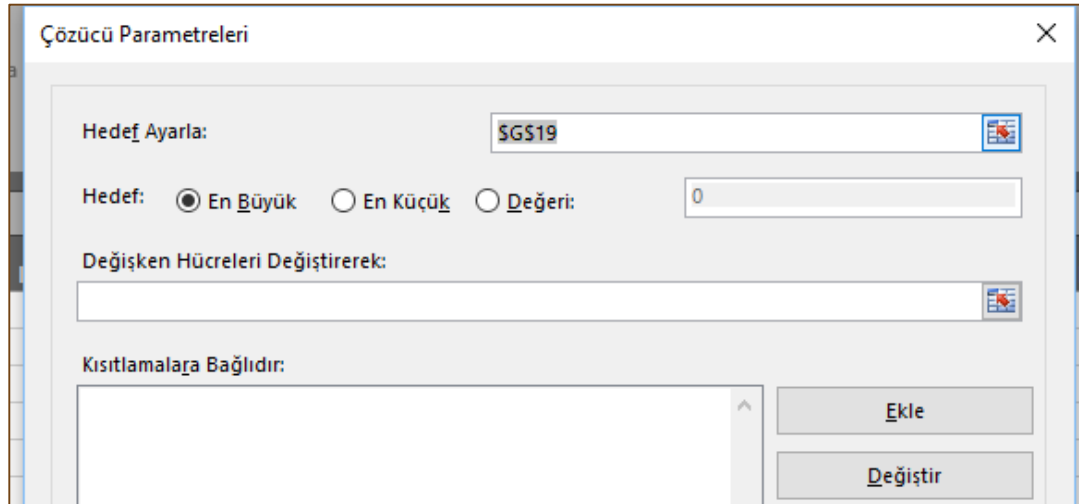
	Panel Tipi						
	Tahoe	Pacific	Savannah	Aspen			
Pallet Sayısı	0	0	0	0	Toplam Kazanç		
Kazanç	\$450	\$1,150	\$800	\$400	\$0		
	Her Bir Palet İçin Gerekli Kaynak Miktarı				Kullanılan	Mevcut	
Yapıştırıcı	50	50	100	50	0	5,800	litre
Sıkıştırma	5	15	10	5	0	730	saat
Çam Talaşı	500	400	300	200	0	29,200	kg
Meşe Talaşı	500	750	250	500	0	60,500	kg

# Excel Solver-Örnek 1

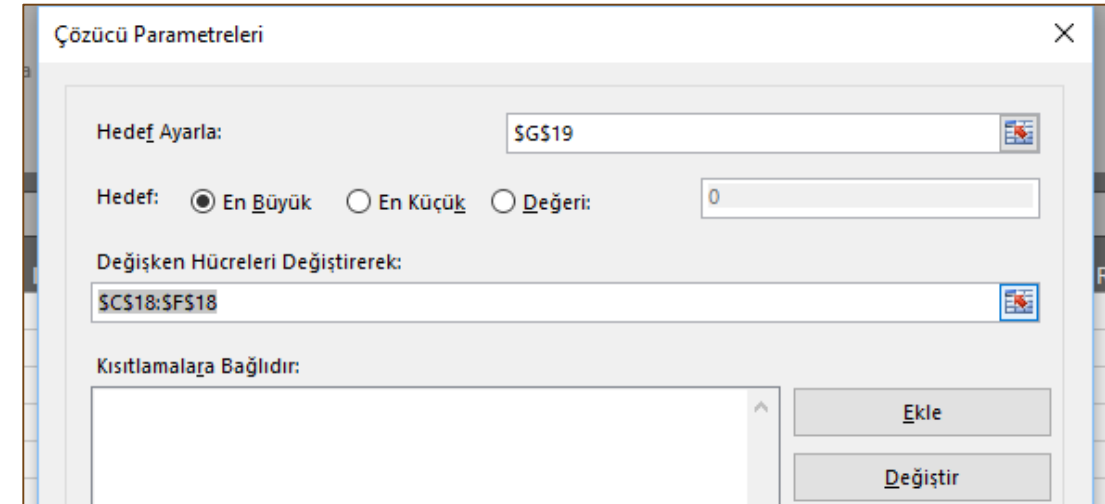
- e) Excel Solver paneli açılarak karar değişkenleri, amaç fonksiyonu, kısıtlar ve sınırlamalar ilgili kutucuklarda tanımlanır.

*Hedef Ayarla: \$G\$19  
Hedef: En Büyük*

*Değişken Hücreleri Değiştirerek:  
\$C\$18:\$F\$18*



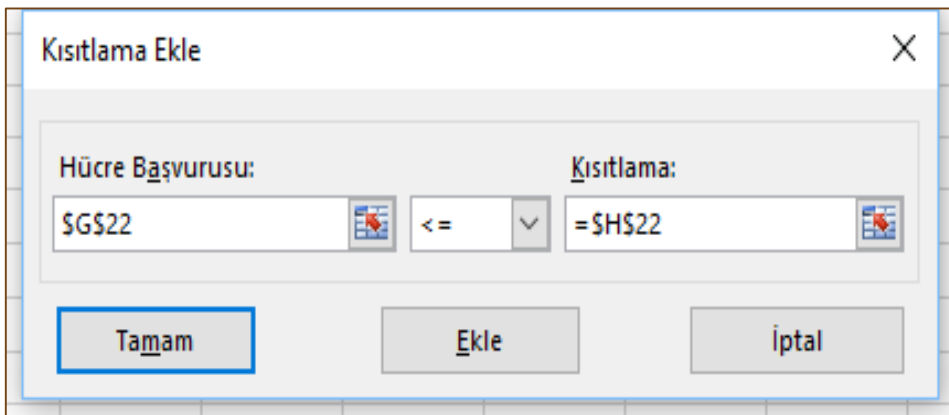
The image shows the 'Çözücü Parametreleri' (Solver Parameters) dialog box in Excel. The 'Hedef Ayarla:' (Set Objective) field contains '\$G\$19'. The 'Hedef:' (To:) section has three radio buttons: 'En Büyük' (Largest Of The Values) is selected, 'En Küçük' (Smallest Of The Values) is unselected, and 'Değeri:' (Value Of) is unselected with a text box containing '0'. The 'Değişken Hücreleri Değiştirerek:' (By Changing Variable Cells) field is empty. The 'Kısıtlamalara Bağlıdır:' (Subject to the Constraints) section is empty. There are 'Ekle' (Add) and 'Değiştir' (Change) buttons at the bottom right.



The image shows the 'Çözücü Parametreleri' (Solver Parameters) dialog box in Excel. The 'Hedef Ayarla:' (Set Objective) field contains '\$G\$19'. The 'Hedef:' (To:) section has three radio buttons: 'En Büyük' (Largest Of The Values) is selected, 'En Küçük' (Smallest Of The Values) is unselected, and 'Değeri:' (Value Of) is unselected with a text box containing '0'. The 'Değişken Hücreleri Değiştirerek:' (By Changing Variable Cells) field contains '\$C\$18:\$F\$18'. The 'Kısıtlamalara Bağlıdır:' (Subject to the Constraints) section is empty. There are 'Ekle' (Add) and 'Değiştir' (Change) buttons at the bottom right.

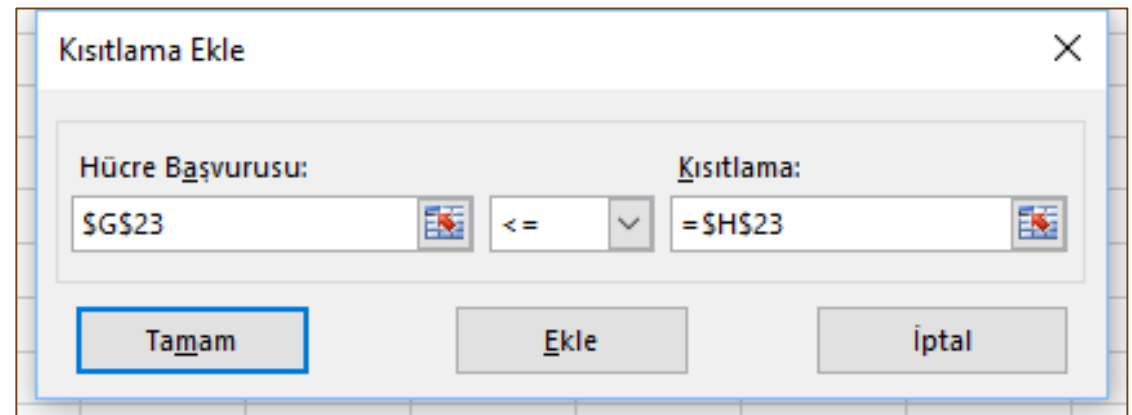
## Excel Solver-Örnek 1

Yapıştırıcı kısıtı: Kullanılan miktar mevcut miktardan küçük veya eşit olmalıdır:  
 $\$G\$22 \leq \$H\$22$



The dialog box 'Kısıtlama Ekle' (Add Constraint) is shown. It has a title bar with a close button (X). Inside, there are two labels: 'Hücre Başvurusu:' (Cell Reference) and 'Kısıtlama:' (Constraint). Under 'Hücre Başvurusu:', the text '\$G\$22' is entered in a text box, followed by a small icon of a grid with a red cross. Under 'Kısıtlama:', the text '<=' is selected in a dropdown menu, followed by a small icon of a grid with a red cross. To the right of the dropdown, the text '=\$H\$22' is entered in a text box, followed by a small icon of a grid with a red cross. At the bottom, there are three buttons: 'Tamam' (OK), 'Ekle' (Add), and 'İptal' (Cancel). The 'Tamam' button is highlighted with a blue border.

Sıkıştırma kısıtı: Kullanılan miktar mevcut miktardan küçük veya eşit olmalıdır:  
 $\$G\$23 \leq \$H\$23$

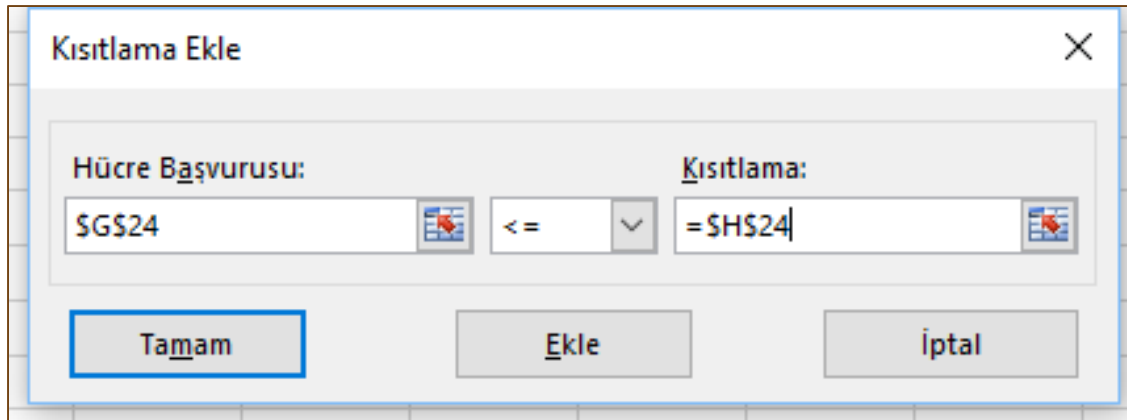


The dialog box 'Kısıtlama Ekle' (Add Constraint) is shown. It has a title bar with a close button (X). Inside, there are two labels: 'Hücre Başvurusu:' (Cell Reference) and 'Kısıtlama:' (Constraint). Under 'Hücre Başvurusu:', the text '\$G\$23' is entered in a text box, followed by a small icon of a grid with a red cross. Under 'Kısıtlama:', the text '<=' is selected in a dropdown menu, followed by a small icon of a grid with a red cross. To the right of the dropdown, the text '=\$H\$23' is entered in a text box, followed by a small icon of a grid with a red cross. At the bottom, there are three buttons: 'Tamam' (OK), 'Ekle' (Add), and 'İptal' (Cancel). The 'Tamam' button is highlighted with a blue border.

## Excel Solver-Örnek 1

Çam talaşı kısıtı: Kullanılan miktar mevcut miktardan küçük veya eşit olmalıdır:

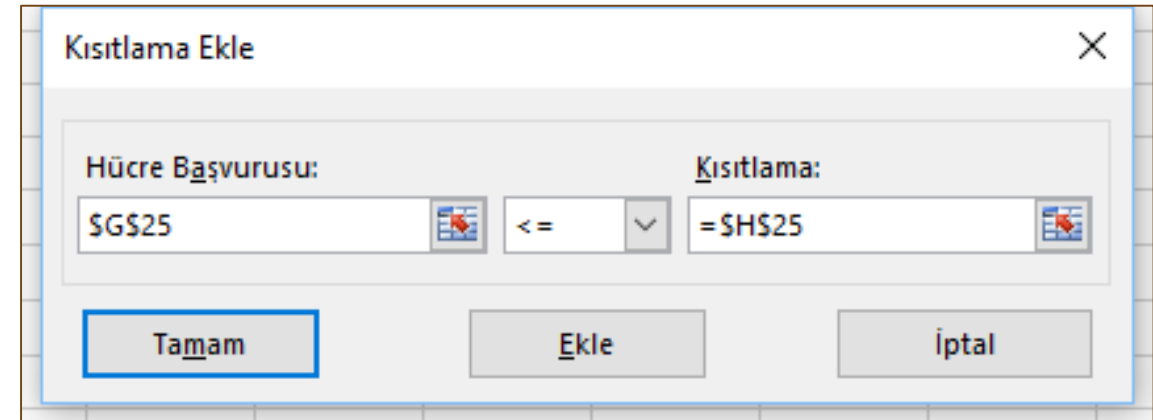
$$\text{\$G\$24} \leq \text{\$H\$24}$$



The dialog box is titled 'Kısıtlama Ekle' (Add Constraint). It contains two input fields: 'Hücre Başvurusu:' (Cell Reference) with the value '\$G\$24' and 'Kısıtlama:' (Constraint) with the value '= \$H\$24'. Between these fields is a dropdown menu showing '<=' and a small icon of a spreadsheet with a red X. At the bottom, there are three buttons: 'Tamam' (Finish), 'Ekle' (Add), and 'İptal' (Cancel). The 'Tamam' button is highlighted with a blue border.

Meşe talaşı kısıtı: Kullanılan miktar mevcut miktardan küçük veya eşit olmalıdır:

$$\text{\$G\$25} \leq \text{\$H\$25}$$

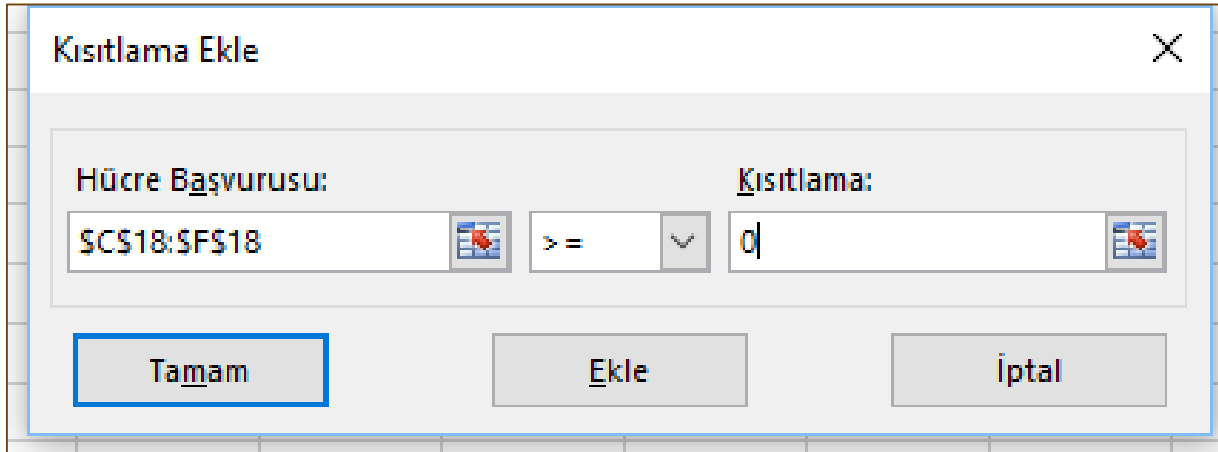


The dialog box is titled 'Kısıtlama Ekle' (Add Constraint). It contains two input fields: 'Hücre Başvurusu:' (Cell Reference) with the value '\$G\$25' and 'Kısıtlama:' (Constraint) with the value '= \$H\$25'. Between these fields is a dropdown menu showing '<=' and a small icon of a spreadsheet with a red X. At the bottom, there are three buttons: 'Tamam' (Finish), 'Ekle' (Add), and 'İptal' (Cancel). The 'Tamam' button is highlighted with a blue border.

## Excel Solver-Örnek 1

Herhangi bir panelin üretim miktarı 0'dan küçük olamayacağı için tüm karar değişkenleri sıfırdan büyük veya eşit olmalıdır:

$$\$C\$18:\$F\$18 \geq 0$$



The image shows the 'Add Constraint' (Kısıtlama Ekle) dialog box in Excel. The 'Cell Reference' (Hücre Başvurusu) field contains '\$C\$18:\$F\$18'. The 'Constraint' (Kısıtlama) field contains '0'. The comparison operator is set to 'greater than or equal to' (>=). The 'Add' (Ekle) button is highlighted with a blue border. The 'OK' (Tamam) and 'Cancel' (İptal) buttons are also visible.

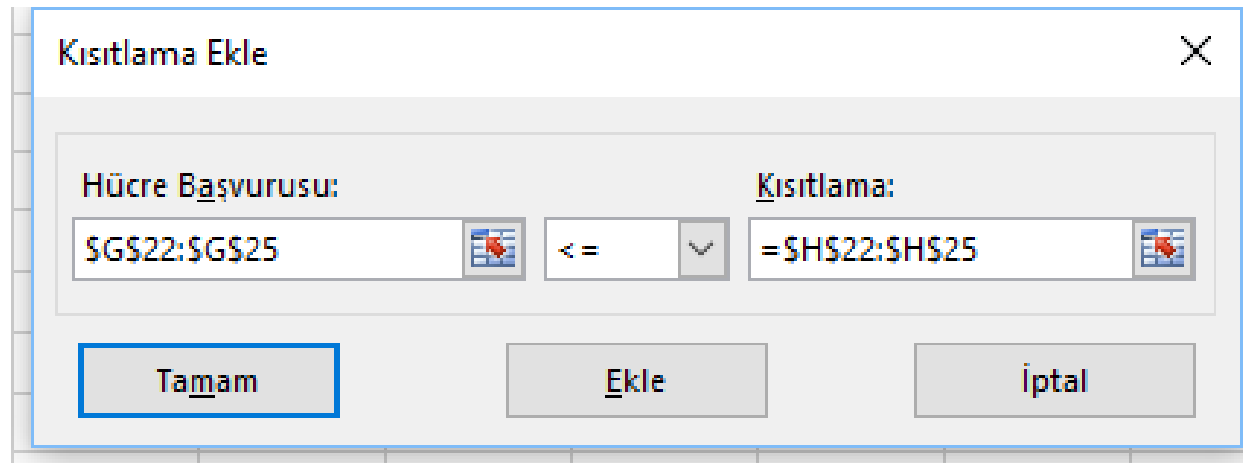
Hücre Başvurusu:	Kısıtlama:
\$C\$18:\$F\$18	0

>=

Tamam Ekle İptal

## Excel Solver-Örnek 1

**NOT:** Yapıştırma, sıkıştırma, çam talaşı ve meşe talaşı kısıtlarını tek tek girmektense, aşağıdaki şekilde toplu olarak da girilebilir. Bu durumda elde edilecek olan sonuç değişmeyecektir.  
\$G\$22:\$G\$25 <= \$H\$22:\$H\$25).



The image shows the 'Add Constraint' (Kısıtlama Ekle) dialog box in Microsoft Excel. The dialog box has a title bar with a close button (X). Inside, there are two main sections: 'Hücre Başvurusu:' (Cell Reference) and 'Kısıtlama:' (Constraint). The 'Hücre Başvurusu:' field contains the range '\$G\$22:\$G\$25' and has a small grid icon to its right. The 'Kısıtlama:' field contains the range '=\$H\$22:\$H\$25' and also has a small grid icon to its right. Between these two fields is a dropdown menu showing '<=' and a small arrow icon. At the bottom of the dialog box, there are three buttons: 'Tamam' (OK), 'Ekle' (Add), and 'İptal' (Cancel). The 'Tamam' button is highlighted with a blue border.

## Excel Solver-Örnek 1

- f) Çöz butonuna tıklanarak Solver çalıştırılır.

Çözücü Parametreleri

Hedef Ayarla:

Hedef: ☒ En Büyük ☐ En Küçük ☐ Değeri:

Değişken Hücreleri Değiştirerek:

Kısıtlamalara Bağlıdır:

☒ Kısıtlanmamış Değişkenleri Pozitif Yap

Çözme Yöntemi:

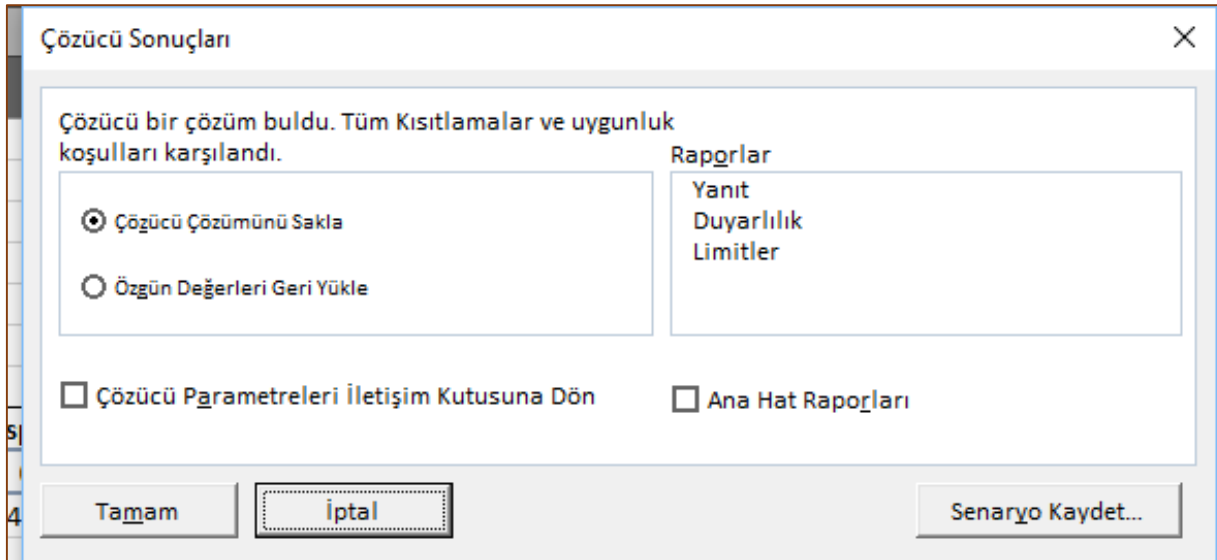
Seçin:

Çözüm Yöntemi

Düzgün doğrusal olmayan Çözücü Problemleri için GRG Doğrusal Olmayan altyapısını seçin.  
Doğrusal Çözücü Problemleri için Basit LP altyapısını seçin ve düzgün olmayan Çözücü problemleri için Açılım altyapısını seçin.

## Excel Solver-Örnek 1

Solver bir süre çalıştıktan sonra çözümü buldu ve bu çözümün tüm kısıtları ve uygunluk koşullarını sağladığını belirtti:

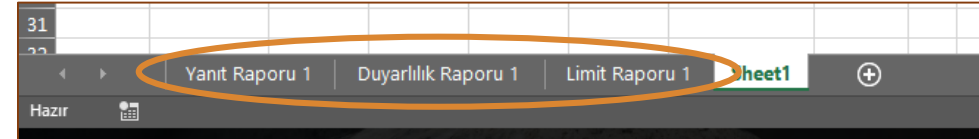
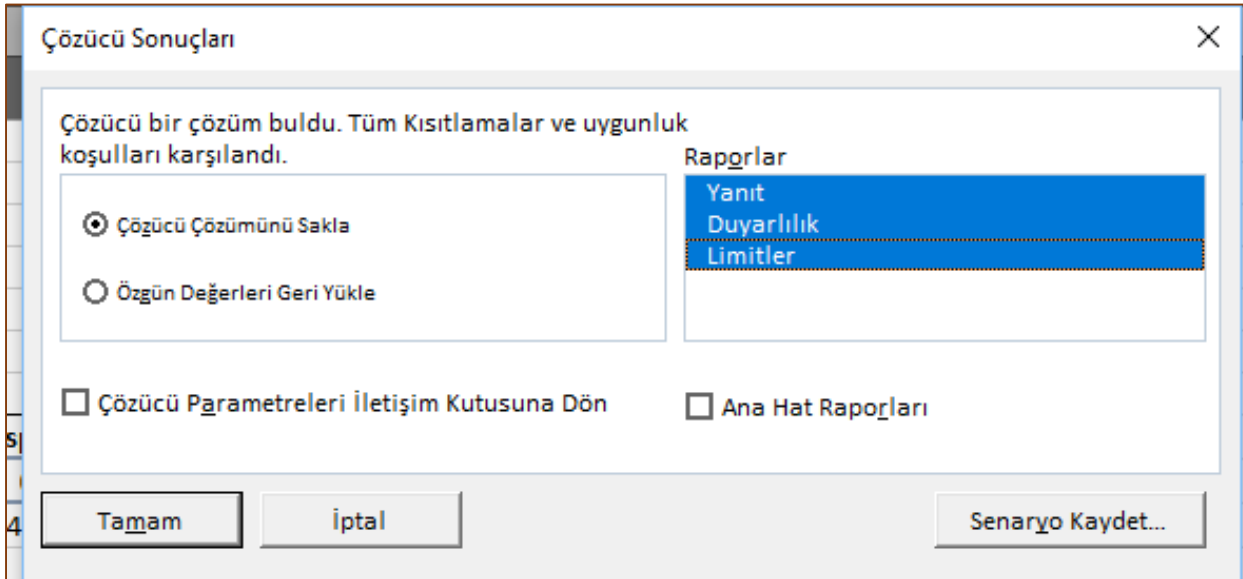




Aşağıdaki resimden görüleceği üzere, bulunan çözüme göre karar değişkenlerinin ve amaç fonksiyonunun değerleri ilgili hücrelere yazılmıştır. Bu sonuca göre Tahoe, Pacific ve Savannah modellerinden 23, 15 ve 39 palet üretilmesi maksimum kazancı (\$58,800) sağlayacaktır. Yapıştırıcı, sıkıştırma ve çam talaşı kapasitelerinin tamamı kullanılmış, meşe talaşı kısıtının ise 32500 kg'ı kullanılmıştır.

	Tahoe	Pacific	Savannah	Aspen			
Pallet Sayısı	23	15	39	0	Toplam Kazanç		
Kazanç	\$450	\$1,150	\$800	\$400	\$58,800		
	Her Bir Palet İçin Gerekli Kaynak Miktarı				Kullanılan	Mevcut	
Yapıştırıcı	50	50	100	50	5,800	5,800	litre
Sıkıştırma	5	15	10	5	730	730	saat
Çam Talaşı	500	400	300	200	29,200	29,200	kg
Meşe Talaşı	500	750	250	500	32,500	60,500	kg

İstenen raporlar (Yanıt, Duyarlılık, Limit) seçilerek Tamam butonuna tıklanırsa, Excel'de yeni sayfalarda raporlar oluşturulur.



## Excel Solver-Örnek 2: Bilgisayar Firması (Ürün Karışımı)

### Problem:

ABC firması, standart ve lüks bilgisayar olarak adlandırdığı iki tip bilgisayar üretmektedir. Standart bilgisayarlar için normal kapasiteli, lüks bilgisayarlar içinse yüksek kapasiteli sabit disk (SD) kullanılmaktadır. Ayrıca standart bilgisayarlarda bir adet, lüks bilgisayarlarda iki adet RAM vardır. Firma, standart bilgisayar başına \$30, lüks bilgisayar başına \$50 kar etmektedir. Bir ayda en çok 60 adet normal kapasiteli SD, 50 adet yüksek kapasiteli SD ve 120 adet RAM kullanılabilmektedir. Firma, stok değerlerini aşmayacak şekilde iki tip bilgisayardan ayda kaç adet üretmesi durumunda kar maksimize edilecektir?

## Excel Solver-Örnek 2

### Model:

Firmanın aylık standart bilgisayar üretim miktarı  $X_s$ , aylık lüks bilgisayar üretimi  $X_l$  ile gösterilirse; amaç karı maksimize etmek olduğundan amaç fonksiyonu:

$$\text{Max: } 30X_s + 50X_l$$

Kısıtlar:

$$X_s \leq 60$$

$$X_l \leq 50$$

$$X_s + 2X_l \leq 120$$

$$X_s, X_l \geq 0$$

# Excel Solver-Örnek 2

## Karar Değişkenleri

Bu örnekte üretilecek ürünlerin optimum miktarının belirlenmesi isteniyor.  
Dolayısıyla, C10:D10 hücreleri karar değişkenleridir.

## Değişken Sınırları

Negatif sayıda ürün üretilmeyeceği için değişkenler en düşük 0 değerini alabilirler. Bu durum  $C10:D10 \geq 0$  olarak Çözücüde kısıt olarak belirtilmiştir.  
Alternatif olarak Çözücüde "Kısıtlanmamış Değişkenleri Pozitif Yap" seçeneği de seçilebilir.

## Amaç Fonksiyonu

Modeldeki amacımız karı maksimize etmektir. Bu amaçla, modelde kullanmak üzere F11 hücrelerini belirliyoruz.

## Kısıtlar

Örnekte, kullanılacak malzeme veya kapasite kısıtlarını içeren dört grup kısıt bulunmaktadır.  
Çözücüde kısıt tanımlamaları alanında  $E16:E18 \leq F16:F18$  şeklinde eklenecek olan eşitsizlik bu kısıtları modele dahil edecektir.

	Ürün Modeli			
	Standart	Lüks		
Üretim miktarı	0	0	Toplam Kazanç	0
Birim kazanç	30	50		
Bileşenler	Gerekli Miktar		Kullanılan	Stok
	Standart	Lüks		
Normal kap. SD	1	0	0	60
Yüksek kap. SD	0	1	0	50
RAM	1	2	0	120

# Excel Solver-Örnek 2

## Çözücü arayüzü

Çözücü Parametreleri

Hedef Ayarla:

Hedef: ☒ En Büyük ☐ En Küçük ☐ Değeri:

Değişken Hücreleri Değiştirerek:

Kısıtlamalara Bağlıdır:

☒ Kısıtlanmamış Değişkenleri Pozitif Yap

Çözme Yöntemi Seçin:

Çözüm Yöntemi

Düzgün doğrusal olmayan Çözücü Problemleri için GRG Doğrusal Olmayan altyapısını seçin.  
Doğrusal Çözücü Problemleri için Basit LP altyapısını seçin ve düzgün olmayan Çözücü problemleri için Açılım altyapısını seçin.

**Karar Değişkenleri**

Bu örnekte üretilecek ürünlerin optimum miktarının belirlenmesi isteniyor.

Dolayısıyla, C10:D10 hücreleri karar değişkenleridir.

**Değişken Sınırları**

Negatif sayıda ürün üretilmeyeceği için değişkenler en düşük 0 değerini alabilirler. Bu durum  $C10:D10 \geq 0$  olarak Çözücüde kısıt olarak belirtilmiştir.

Alternatif olarak Çözücüde "Kısıtlanmamış Değişkenleri Pozitif Yap" seçeneği de seçilebilir.

**Amaç Fonksiyonu**

Modeldeki amacımız karı maksimize etmektir. Bu amaçla, modelde kullanmak üzere F11 hücresini belirliyoruz.

**Kısıtlar**

Örnekte, kullanılacak malzeme veya kapasite kısıtlarını içeren dört grup kısıt bulunmaktadır.

Çözücüde kısıt tanımlamaları alanında  $E16:E18 \leq F16:F18$  şeklinde eklenecek olan eşitsizlik bu kısıtları modele dahil edecektir.

	Ürün Modeli			
	Standart	Lüks		
Üretim miktarı	60	30		Toplam Kazanç
Birim kazanç	30	50		3300
	Gerekli Miktar		Kullanılan	Stok
Bileşenler	Standart	Lüks		
Normal kap. SD	1	0	60	60
Yüksek kap. SD	0	1	30	50
RAM	1	2	120	120

## Excel Solver-Örnek 3: Elektronik Sirketi (Ürün Karışımı)

Firmanız, LCD TV, Muzik Calar ve Hoparlor üretimi yapmaktadır. Bu ürünlerin üretiminde, Govde, LCD Ekran, Hoparlor, Guc unitesi ve Cesitli Elektronik Parcalari "ortak" olarak kullanmaktadır. Kullanilacak parcalarin tedarigi sınırlı iken karı maksimize edecek optimum üretim miktarlarini bulunuz.

Part Requirements by Product				Malzeme Stok Miktarlari
Parca Adi	LCD TV	Muzik Calar	Hoparlor	Mevcut
Govde	1	1	0	450
LCDEkran	1	0	0	250
Hoparlor	2	2	1	800
Guc Unitesi	1	1	0	450
Elektronik Parca	2	1	1	600
Birim Kar	\$75	\$50	\$35	



# Excel Solver-Örnek 3

## Karar Değişkenleri

Bu örnekte üretilecek ürünlerin optimum miktarının belirlenmesi isteniyor. Dolayısıyla, C14:E14 hücreleri karar değişkenleridir.

## Değişken Sınırları

Negatif sayıda ürün üretilmeyeceği için değişkenler en düşük 0 değerini alabilirler. Bu durum C14:E14  $\geq 0$  şeklinde Çözücüde kısıt olarak belirtilmiştir. Alternatif olarak Çözücüde "Kısıtlanmamış Değişkenleri Pozitif Yap" seçeneği de seçilebilir.

## Üretim Kararları

	LCD TV	Muzik Calar	Hoparlör
Üretim Miktarı	0	0	0

## Part Requirements by Product

Parça Adı	LCD TV	Muzik Calar	Hoparlör
Gövde	1	1	0
LCDEkran	1	0	0
Hoparlör	2	2	1
Güc Ünitesi	1	1	0
Elektronik Parça	2	1	1
Birim Kar	\$75	\$50	\$35

## Malzeme Stok Miktarları

Kullanılan	Mevcut
0	450
0	250
0	800
0	450
0	600

## Kısıtlar

Örnek model, kullanılacak malzeme miktarlarını sınırlayan 5 tane kısıt içermektedir. Çözücüde  $Number\_used \leq Number\_available$  kısıtı bu durumu ifade etmektedir. Bu aynı zamanda G18:G22  $\leq$  H18:H22 anlamına gelmektedir.

## Amaç Fonksiyonu

Modeldeki amacımız G24 hücresinde hesaplanan karı (Total\_profit) maksimize etmektir.

### Karar Değişkenleri

Bu örnekte üretilecek ürünlerin optimum miktarının belirlenmesi isteniyor. Dolayısıyla, C14:E14 hücreleri karar değişkenleridir.

### Değişken Sınırları

Negatif sayıda ürün üretilmeyeceği için değişkenler en düşük 0 değerini alabilirler. Bu durum C14:E14  $\geq 0$  şeklinde Çözücüde kısıt olarak belirtilmiştir. Alternatif olarak Çözücüde "Kısıtlanmamış Değişkenleri Pozitif Yap" seçeneği de seçilebilir.

### Uretim Kararlari

	LCD TV	Muzik Calar	Hoparlör
Uretim Miktari	200	200	0

### Part Requirements by Product

Parca Adi	LCD TV	Muzik Calar	Hoparlör
Gövde	1	1	0
LCDEkran	1	0	0
Hoparlör	2	2	1
Guc Unitesi	1	1	0
Elektronik Parca	2	1	1
Birim Kar	\$75	\$50	\$35

### Malzeme Stok Miktarlari

Kullanilan	Mevcut
400	450
200	250
800	800
400	450
600	600

### Kısıtlar

Örnek model, kullanılacak malzeme miktarlarını sınırlayan 5 tane kısıt içermektedir. Çözücüde  $Number\_used \leq Number\_available$  kısıtı bu durumu ifade etmektedir. Bu aynı zamanda G18:G22  $\leq$  H18:H22 anlamına gelmektedir.

### Amaç Fonksiyonu

Modeldeki amacımız G24 hücresinde hesaplanan karı (Total\_profit) maksimize etmektir.

## Excel Solver-Örnek 4: Bütçe Kısıtlı Proje Seçimi

Bir şirket gelecek yıl için sekiz olası proje yatirimini degerlendirmektedir. Her bir projenin beklenen getirisi ve her bir proje için yapılması gereken baslangic yatirimi tabloda verilmistir. Butceyi (\$1.5 milyon) asmayarak Beklenen Toplam Getiri'yi maksimize edecek sekilde hangi projelerin yatirima dahil edilmesi gerektigine karar veriniz.

Proje No	Basarili Olursa Getirisi	Basarili Olma Sansi	Beklenen Getiri	Baslangic Yatirimi	[Beklenen Getiri] - [Yatirim]	Dahil Etme Karari
1	500000	100%	\$500.000	\$425.000	\$75.000	0
2	750000	100%	\$750.000	\$450.000	\$300.000	0
3	1000000	100%	\$1.000.000	\$550.000	\$450.000	0
4	600000	100%	\$600.000	\$300.000	\$300.000	0
5	500000	100%	\$500.000	\$150.000	\$350.000	0
6	500000	100%	\$500.000	\$250.000	\$250.000	0
7	450000	100%	\$450.000	\$350.000	\$100.000	0
8	500000	100%	\$500.000	\$325.000	\$175.000	0

### Karar Degiskenleri

Karar degiskenleri I12:I19 hucrelerinde verilmistir. 0-1 ikili degiskenlerdir. 1 olması, projenin yatirima dahil edilecegi anlamini tasir.

### Degiskenler

Bu örnek deterministik olarak ele alınmıştır ve proje getirisi ve başarılı olma olasılığı açısından belirsizlik içermemektedir. Başarılı olma olasılığı tüm projeler için 100% olarak kabul edilmiştir. Degiskenler D12:D19 hucrelerinde verilmistir.

Toplam Yatirim:

\$0

Butce Kisiti:

\$1.500.000

Toplam Getiri

\$0

### Kısıt

Toplam yatirimın, toplam butce olan \$1.5 Milyon'i asmaması ( $G21 \leq G22$ ) gerekmektedir.

### Amac Fonksiyonu

Amac (G24), toplam getiriyi maksimize etmektir.

# Excel Solver-Örnek 5: Ürün Karışımı

Sirketiniz, LCD TV, Muzik Calar ve Hoparlor uretimi yapmaktadır. Bu urunlerin uretiminde, Govde, LCD Ekran, Hoparlor, Guc unitesi ve Cesitli Elektronik Parcalari "ortak" olarak kullanmaktadır. Kullanilacak parcalarin tedarigi sınırlı iken karı maksimize edecek optimum uretim miktarlarini bulunuz.

## Karar Değişkenleri

Bu örnekte üretilecek ürünlerin optimum miktarının belirlenmesi isteniyor. Dolayısıyla, C14:E14 hücreleri karar değişkenleridir.

## Değişken Sınırları

Negatif sayıda ürün üretilmeyeceği için değişkenler en düşük 0 değerini alabilirler. Bu durum  $C14:E14 \geq 0$  şeklinde Çözücüde kısıt olarak belirtilmiştir. Alternatif olarak Çözücüde "Kısıtlanmamış Değişkenleri Pozitif Yap" seçeneği de

## Uretim Kararlari

	LCD TV	Muzik Calar	Hoparlor
Uretim Miktari	199	200	2

## Part Requirements by Product

Parca Adi	LCD TV	Muzik Calar	Hoparlor
Govde	1	1	0
LCDEkran	1	0	0
Hoparlor	2	2	1
Guc Unitesi	1	1	0
Elektronik Parca	2	1	1

## Malzeme Stok Miktarlari

Kullanilan	Mevcut
399	450
199	250
800	800
399	450
600	600

## Kısıtlar

Örnek model, kullanılacak malzeme miktarlarını sınırlayan 5 tane kısıt içermektedir. Çözücüde  $Number\_used \leq Number\_available$  kısıtı bu durumu ifade etmektedir. Bu aynı zamanda  $G18:G22 \leq H18:H22$  anlamına gelmektedir.

## Amaç Fonksiyonu

Modeldeki amacımız G24 hucresinde hesaplanan karı (Total\_profit) maksimize etmektir.

Birim Kar	\$75	\$50	\$35	24.995,00
-----------	------	------	------	-----------

## Excel Solver-Örnek 6: Sırt Çantası (Knapsack) Problemi

32 adet tıbbi malzemenin bir kargo aracına yüklenerek savaş bölgesine taşınması planlanmaktadır. Her bir malzeme, bir diğerine göre daha öncelikli olabileceği için tanımlanmış olan bir "fayda"ya sahiptir. Kargo aracının toplam kapasitesi 450 kg'dır ve malzemelerin ağırlıkları tabloda verilmiştir. Amac, faydayı maksimize edecek şekilde kapasite sınırını aşmadan hangi ürünlerin kargo aracına dahil edileceğine karar vermektir.

Malzeme	Ağırlık	Fayda	Dahil Et?
1	20,0	49	0
2	27,0	27	0
3	26,0	77	0
4	26,0	18	0
5	24,0	33	0
6	28,0	45	0
7	20,0	68	0
8	27,0	16	0
9	22,0	40	0
10	20,0	30	0
11	29,0	74	0
12	28,0	39	0
13	21,0	57	0
14	20,0	69	0
15	27,0	50	0
16	27,0	41	0
17	25,0	71	0
18	23,0	17	0
19	23,0	67	0
20	23,0	51	0
21	27,0	70	0
22	29,0	74	0
23	24,0	39	0
24	27,0	41	0
25	29,0	73	0
26	29,0	33	0
27	29,0	27	0
28	23,0	38	0
29	24,0	65	0
30	20,0	38	0
31	21,0	25	0
32	21,0	38	0

Toplam Ağırlık Kapasite

0,00 450

Toplam Fayda

0

**Kısıt**

Kapasite kısıtı  
asılmamalıdır  
( $G14 \leq H14$ ).

**Amac Fonksiyonu**

Faydayı maksimize edecek malzemeleri belirlemek.

**Karar Değişkenleri**

G12:G43 hücrelerinde verilen ikili değişkenler hangi ürünün dahil edilmesi gerektiğini belirtir ("1" değeri alınmışsa, o ürün dahil edilecek anlamını taşır)

## Excel Solver-Örnek 7

Bir işletme, aşağıdaki özellikleri taşıyan ürün üretmektedir:

$$\text{Yanma Noktası} \geq 2800$$

$$\text{Özgül Ağırlığı} \geq 1.00$$

$$\alpha \text{ muhtevası} \leq \% 8 \text{ hacim olarak}$$

$$\beta \text{ muhtevası} \leq \% 3 \text{ hacim olarak}$$

Ürün, litresi sırası ile 16 TL, 20 TL ve 25 TL olan A, B ve C yarı mamullerinden elde edilebilmektedir. Bu üç yarı mamulün özellikleri aşağıdaki gibidir.

	A	B	C
<b>Yanma noktası</b>	2800	2700	2900
<b>Özgül ağırlığı</b>	0.95	1.20	1.10
<b><math>\alpha</math> muhtevası</b>	7	8	11
<b><math>\beta</math> muhtevası</b>	4	5	3

Üretici, yukarıdaki koşullara uygun olarak ürününü en düşük maliyetle üretmek istemektedir. Buna göre problemin doğrusal programlama modeli nasıl kurulur ve çözülür?

## Excel Solver-Örnek 7

### Çözüm:

#### Karar Değişkenleri

$x_1$  = Üründeki A oranı

$x_2$  = Üründeki B oranı

$x_3$  = Üründeki C oranı

#### Amaç fonksiyonu

$$\text{Min } Z = 16x_1 + 20x_2 + 25x_3$$

#### Problem Kısıtları

$$x_1 + x_2 + x_3 = 1$$

$$280x_1 + 270x_2 + 290x_3 \geq 280 \quad (\text{Yanma noktası kısıtı})$$

$$0.95x_1 + 1.20x_2 + 1.10x_3 \geq 1.00 \quad (\text{Özgül ağırlık kısıtı})$$

$$7x_1 + 8x_2 + 11x_3 \geq 8 \quad (\alpha \text{ muhtevası kısıtı})$$

$$4x_1 + 5x_2 + 3x_3 \geq 3 \quad (\beta \text{ muhtevası kısıtı})$$

## EXCEL SOLVER ÇÖZÜMÜ

	A	B	C		X1	X2	X3	Z
Yanma noktası	2800,00	2700,00	2900,00		0,71	0,06	0,24	18,35
Özgül ağırlığı	0,95	1,20	1,10		Toplam	1,00		
$\alpha$ muhtevası(%)	7,00	8,00	11,00					
$\beta$ muhtevası(%)	4,00	5,00	3,00					
Sınırlar				Yarımamül Fiyatları				
Yanma Noktası	2800,00	2817,65		A	16,00			
Özgül Ağırlık	1,00	1,00		B	20,00			
$\alpha$ muhtevası(%)	8,00	8,00		C	25,00			
$\beta$ muhtevası(%)	3,00	3,82						



## Excel Solver-Ödev 1

ABC şirketi yeni bir yer silme sıvısı üretecektir. Bu sıvının içinde A temizleyici maddesinden en az %20 en fazla %40, B temizleyici maddesinden en az %25 en fazla %50 ve C temizleyici maddesinden en az %35 en fazla %50 olacaktır. Şirket, ürününü üretmek için 3 ayrı hammadde kullanmaktadır. Bu hammaddelerin içerikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Hammadde	A maddesi	B maddesi	C maddesi
I	%60	%30	%10
II	%25	%25	%50
III	%20	%50	%30

Hammadde I, II ve III' ün kg maliyetleri sırasıyla 1.5 TL, 1.55 TL, 1.6 TL'dir. Şirket en az maliyetle talebi karşılayacak yer silme sıvısının üretimi için doğrusal programlama modeli oluşturup çözmek istemektedir.

Geliştirilen matematiksel modele göre Excel Solver kullanarak çözümü bulunuz.

# Excel Solver-Ödev 1

## Karar değişkenleri

Karışım probleminde, her biri ürün içinde yer alacak hammadde miktarına karşılık gelen 3 karar değişkeni tanımlanmalıdır. Bunlar;

$P_i$  = ürünün içinde yer alacak  $i$  hammaddesi oranı

## Amaç fonksiyonu

Problemin amacı kullanılan hammadde maliyetini minimize etmektir. Dolayısıyla, karar değişkenleri ile o karar değişkenine karşılık gelen maliyet değerleri çarpılıp sonra da tüm değerler toplanarak amaç fonksiyonu elde edilir.

$$\text{Min } Z = 1.5 P_1 + 1.55P_2 + 1.6P_3$$

# Excel Solver-Ödev 1

## Problemnin kısıtları

Problemdeki ilk üç kısıt, ürün içinde A, B ve C maddelerinden bulunması gereken en az miktarı sağlayan kısıtlardır.

$$0.60 P_1 + 0.25P_2 + 0.20P_3 \geq 0.20$$

$$0.30 P_1 + 0.25P_2 + 0.50P_3 \geq 0.25$$

$$0.10 P_1 + 0.50P_2 + 0.30P_3 \geq 0.35$$

Problemdeki ikinci grup üç kısıt da, ürünün içinde A, B ve C maddelerinden bulunması gereken en fazla miktarı sağlayan kısıtlardır.

$$0.60 P_1 + 0.25P_2 + 0.20P_3 \leq 40$$

$$0.30 P_1 + 0.25P_2 + 0.50P_3 \leq 50$$

$$0.10 P_1 + 0.50P_2 + 0.30P_3 \leq 50$$

## Excel Solver-Ödev 1

Üç hammaddeden kullanılan oranların toplamının %100 olmasını sağlayan kısıt da aşağıdaki şekilde yazılmalıdır.

$$P_1 + P_2 + P_3 = 1$$

Son olarak karar değişkenlerinin negatif olmama kısıtları da aşağıda gösterildiği gibi modele eklenmelidir.

$$P_i \geq 0$$

## Excel Solver-Ödev 1

Amaç fonksiyonu ve kısıtlar bir araya getirilerek karışım modeli aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\text{Min } Z = 1.5 P_1 + 1.55P_2 + 1.6P_3$$

$$0.60 P_1 + 0.25P_2 + 0.20P_3 \geq 0.20$$

$$0.30 P_1 + 0.25P_2 + 0.50P_3 \geq 0.25$$

$$0.10 P_1 + 0.50P_2 + 0.30P_3 \geq 0.35$$

$$0.60 P_1 + 0.25P_2 + 0.20P_3 \leq 40$$

$$0.30 P_1 + 0.25P_2 + 0.50P_3 \leq 50$$

$$0.10 P_1 + 0.50P_2 + 0.30P_3 \leq 50$$

$$P_1 + P_2 + P_3 = 1$$

$$P_i \geq 0$$

## Excel Solver-Ödev 2

Bir rafineri 2 tür kurşunsuz benzin üretimi yapmaktadır. 1. tipin varil fiyatı 48\$, 2. tipin varil fiyatı ise 53\$'dır. Her iki tip benzin de Tablo 1'de verilen özellikleri karşılamak zorundadır. Karışımında kullanılan bileşenler ve özellikleri de Tablo 2'de verilmiştir. Haftalık karı maksimize etmek için iki tip benzine hangi bileşenlerden hangi miktarlarda karıştırılmalıdır? Geliştirilen matematiksel modele göre Excel Solver kullanarak çözümü bulunuz.

Tablo 1

Benzin tipi	Minimum oktan oranı	Maksimum talep (varil/hafta)	Minimum dağıtım (varil/hafta)
1. Tip Benzin	87	80.000	60.000
2. Tip Benzin	93	40.000	15.000

Tablo 2

Benzin Bileşenleri	Oktan oranı	Arz miktarı (varil)	Maliyet (\$/varil)
1	86	70.000	33
2	96	60.000	37

## Excel Solver-Ödev 2

### Karar değişkenleri

Bu problemdeki kontrol değişkenleri, benzinlere karıştırılması gereken iki bileşenin miktarlarıdır.

$x_{ij}$  =  $j$  tip benzine karıştırılan  $i$  bileşeninin varil cinsinden haftalık miktarı

$$i = 1, 2 ; \quad j = 1, 2$$

### Amaç Fonksiyonu

Benzin bileşenlerinin doğrusal olarak karıştığı kabul edilirse, 1. tip benzin miktarı  $x_{11} + x_{21}$ , ikinci tip benzin miktarı ise  $x_{12} + x_{22}$  olarak verilir. Benzer şekilde kullanılan 1. ve 2. bileşenlerin toplam miktarları da sırasıyla  $x_{11} + x_{12}$  ve  $x_{21} + x_{22}$  olarak verilebilir. Amaç fonksiyonu şu şekilde formüle edilebilir:

$$Kar = \text{satış} - \text{maliyet}$$

$$Max Z = 48(x_{11} + x_{21}) + 53(x_{12} + x_{22}) - 33(x_{11} + x_{12}) - 37(x_{21} + x_{22}) \quad \text{haftalık kar}$$

$$Max Z = 15x_{11} + 20x_{12} + 11x_{21} + 16x_{22}$$

## Excel Solver-Ödev 2

### Problemin Kısıtları

Minimum oktan oranı ihtiyacını karşılamak için, iki bileşenin değişik miktarlarda karıştırılması durumunda ortaya çıkacak oktan seviyesini belirlemeliyiz. Bileşenlerin yine doğrusal olarak karıştığını kabul ediyoruz. Bileşenlerin karışımındaki oktan seviyesi ağırlıklı ortalama alınarak hesaplanabilir. Karışımındaki toplam oktanı, varil miktarına bölerek buluruz.

Böylece, 1. tip benzin için minimum oktan oranı kısıtı

$$\frac{86x_{11} + 96x_{21}}{x_{11} + x_{21}} \geq 87$$

Bu kısıt lineer değildir fakat eşitsizliğin her iki tarafını

$x_{11} + x_{21}$  ile çarparsak;

$$-x_{11} + 9x_{21} \geq 0$$

Aynı şekilde, 2. tip benzin için minimum oktan oranı kısıtı

$$\frac{86x_{12} + 96x_{22}}{x_{12} + x_{22}} \geq 93$$

Bu kısıt lineer değildir fakat eşitsizliğin her iki tarafını

$x_{12} + x_{22}$  ile çarparsak;

$$-7x_{12} + 3x_{22} \geq 0$$



## Excel Solver-Ödev 2

Benzin tipleri için minimum ve maksimum dağıtım gereksinimi kısıtları ise şu şekilde formüle edilebilir:

$$x_{11} + x_{21} \geq 60.000 \quad (1. \text{tip benzin için minimum dağıtım miktarı})$$

$$x_{12} + x_{22} \geq 15.000 \quad (2. \text{tip benzin için minimum dağıtım miktarı})$$

$$x_{11} + x_{21} \leq 80.000 \quad (1. \text{tip benzin için maksimum talep miktarı})$$

$$x_{12} + x_{22} \leq 40.000 \quad (2. \text{tip benzin için maksimum talep miktarı})$$

Benzer şekilde, bileşenlerin arz kısıtları:

$$x_{11} + x_{12} \leq 70.000 \quad (1. \text{bileşenin arz miktarı})$$

$$x_{21} + x_{22} \leq 60.000 \quad (2. \text{bileşenin arz miktarı})$$

Negatif olmama kısıtları:

$$x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22} \geq 0$$

## Excel Solver-Ödev 2

Böylece lineer programlama modelinin tamamı aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\text{Max } Z = 15x_{11} + 20x_{12} + 11x_{21} + 16x_{22}$$

$$-x_{11} + 9x_{21} \geq 0$$

$$-7x_{12} + 3x_{22} \geq 0$$

$$x_{11} + x_{21} \geq 60.000$$

$$x_{12} + x_{22} \geq 15.000$$

$$x_{11} + x_{21} \leq 80.000$$

$$x_{12} + x_{22} \leq 40.000$$

$$x_{11} + x_{12} \leq 70.000$$

$$x_{21} + x_{22} \leq 60.000$$

$$x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22} \geq 0$$

## Excel Solver-Ödev 2

Doğrusallık varsayımları altında, modelimiz karışım gereksinimlerini tam olarak sağlamaktadır. Fakat satışlardan elde edilen gelir ve maliyetler, amaç fonksiyonunda görünmemektedir.

1. ve 2. tip benzin miktarlarına sırasıyla  $g_1$  ve  $g_2$  dersek;

$$g_1 = x_{11} + x_{21} \quad \text{veya}$$

$$x_{11} + x_{21} - g_1 = 0 \quad (1. \text{ tip benzinin varil cinsinden toplam miktarı})$$

Aynı şekilde;

$$g_2 = x_{12} + x_{22} \quad \text{veya}$$

$$x_{12} + x_{22} - g_2 = 0 \quad (2. \text{ tip benzinin varil cinsinden toplam miktarı})$$

1. ve 2. bileşenlere ise sırasıyla  $h_1$  ve  $h_2$  dersek;

$$x_{11} + x_{12} - h_1 = 0 \quad (1. \text{ tip bileşenin varil cinsinden toplam miktarı})$$

$$x_{21} + x_{22} - h_2 = 0 \quad (2. \text{ tip bileşenin varil cinsinden toplam miktarı})$$

## Excel Solver-Ödev 2

Bu yeni ilişkilerden yararlanarak önceki modeli daha basit bir şekilde ifade edebiliriz.

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Maksimum kar } Z = 48g_1 + 53g_2 - 33h_1 - 37h_2$$

Kısıtlar:

$$x_{11} + x_{21} - g_1 = 0 \qquad g_1 \geq 60.000$$

$$x_{12} + x_{22} - g_2 = 0 \qquad g_2 \geq 15.000$$

$$x_{11} + x_{12} - h_1 = 0 \qquad g_1 \leq 80.000$$

$$x_{21} + x_{22} - h_2 = 0 \qquad g_2 \leq 40.000$$

$$-x_{11} + 9x_{21} \geq 0 \qquad h_1 \leq 70.000$$

$$-7x_{12} + 3x_{22} \geq 0 \qquad h_2 \leq 60.000$$

$$x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22}, g_1, g_2, h_1, h_2 \geq 0$$

# Kaynaklar

Bircan H., Kartal Z. , Doğrusal Programlama Tekniği İle Kapasite Planlaması Yaklaşımı Ve Çimento İşletmesinde Bir Uygulaması, C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 5 Sayı 1, 2004.

Gürdoğan N., Üretim Planlamasında Doğrusal Programlama ve Demir Çelik Endüstrisinde Bir Uygulama, Ankara, 1981.

Ignizio J.P. , Cavalier T.M., Linear Programming, Printice Hall, New Jersey, 1994.

Kucukkoc, I., Doğrusal Programlamada Karışım Problemleri, <http://w3.balikesir.edu.tr/~ikucukkoc/dokumanlar/mixture.pdf>, Erişim Tarihi: 15 Ocak 2018.

Ozyazılım, Lineer Programlama Nedir?, <http://www.ozyazilim.com/ozgur/marmara/karar/lineerprogramlama.htm>, Erişim Tarihi: 15 Ocak 2018.

Sarker, R. A., Newton, C. S., Optimization Modelling: A Practical Approach, CRC Press Book, 2008.

Seçme N.Y., Klasik Doğrusal Programlama Ve Bulanık Doğrusal Programlamanın Karşılaştırmalı Bir Analizi: Üretim Planlama Örneği, Kayseri, 2005.

Ulucan A., Yöneylem Araştırması, İşletmecilik Uygulamalı Bilgisayar destekli Modelleme, Ankara, 2007.