SİNOP ÜNİVERSİTESİ

Meslek Yüksekokulu • Bilgisayar Programcılığı

3 BOYUTLU MODELLEME

Blender ile Temel 3B Modelleme

Vize Sınavı Ders Notu

Konu başlıkları
1. 3B çizim programları, modellerin üretim amaçları ve Blender arayüzü
2. Object Mode, Edit Mode; taşıma, ölçekleme ve döndürme kısayolları
3. Extrude, Inset, Bevel ve Loop Cut
4. Temel Modifier'lar: Mirror, Solidify, Subdivision Surface, Boolean, Array
5. Fizik işlemleri: kumaş, yastık şişirme, yatak örtüsü
+ Kısayol özeti, çalışma soruları ve cevap anahtarı

Hazırlayan: Öğr. Gör. İsmail Umut DURAN

2026 Güz Dönemi

Bu Notu Nasıl Kullanmalısınız?

Bu ders notu, vize sınavına hazırlanırken konuları tek bir yerden tekrar edebilmeniz için hazırlanmıştır. Her bölümde **kavramsal açıklama**, **kısayol tabloları**, **adım adım uygulama** ve bölüm sonunda **kendinizi test edin** soruları bulunur. Cevap anahtarı notun sonundadır.

Önemli hatırlatmalar

- Notta Blender **4.x** sürümü esas alınmıştır. Sürümler arasında menü adları küçük farklar gösterebilir; kısayol tuşları ise büyük oranda aynıdır.
- Kısayol tuşları, **fare imleci 3B Görünüm Alanı üzerindeyken** çalışır. Fare başka bir panelin üzerindeyse aynı tuş başka bir işlem yapabilir.
- Kısayollar şu biçimde gösterilir: `Shift + A` (tuşlara aynı anda basılır), `G` `X` `2` `Enter` (tuşlar sırayla basılır).
- Dizüstü bilgisayarda sayısal tuş takımı (Numpad) yoksa **Edit > Preferences > Input** bölümünden **Emulate Numpad** ve **Emulate 3 Button Mouse** seçeneklerini açın.

> **İpucu:** Kısayolları ezberlemek yerine **uygulayarak** öğrenin. Her kısayolu Blender'da en az üç kez denerseniz sınavda hatırlamak çok kolaylaşır.

1. Bölüm: 3B Çizim Programları ve Blender'a Giriş

1.1 3B modelleme nedir?

3B (üç boyutlu) modelleme, bir nesnenin **X, Y ve Z** eksenlerinde (genişlik, derinlik, yükseklik) bilgisayar ortamında oluşturulmasıdır. Poligon tabanlı modellemede her model üç temel öğeden oluşan bir **mesh** (ağ yapısı) ile tanımlanır:

- **Vertex (köşe noktası):** Uzayda bir nokta.
- **Edge (kenar):** İki köşe noktasını birleştiren çizgi.
- **Face (yüzey):** Üç veya daha fazla kenarla çevrelenen düzlem. Dört kenarlı yüzeylere **quad**, üç kenarlılara **triangle** denir.

1.2 3B çizim programları: teknik ve sanatsal

3B programlar kullanım amacına göre iki ana grupta incelenebilir. Teknik (mühendislik) programlarda **ölçü ve hassasiyet**, sanatsal programlarda ise **görünüm ve yaratıcılık** ön plandadır.

Özellik	Teknik (CAD) programlar	Sanatsal (DCC) programlar
Amaç	Üretilecek parçanın ölçülü, doğru tasarımı	Görsel olarak etkileyici model, karakter, ortam, animasyon
Yaklaşım	Parametrik / katı model; ölçü ve kısıtlar ile çizim	Poligon, subdivision ve heykel (sculpt) tabanlı modelleme
Hassasiyet	Çok yüksek; milimetre ve tolerans önemli	Görsel kalite önemli; ölçü ikinci planda
Örnek programlar	AutoCAD, SolidWorks, Fusion 360, Inventor, FreeCAD, CATIA	Blender, Maya, 3ds Max, Cinema 4D, ZBrush, Houdini
Tipik çıktılar	STEP, IGES, STL, teknik resim	.blend, FBX, OBJ, glTF/GLB, render görüntüsü, animasyon
Kullanım alanı	Makine, imalat, CNC, 3D baskı, mühendislik	Oyun, film, reklam, görselleştirme, VR/AR

> **Not:** Aradaki sınır kesin değildir. Blender ile de ölçülü modelleme ve 3D baskı modeli hazırlanabilir; Fusion 360 ile de render alınabilir. Program seçimi, işin **hedefine** göre yapılır.

1.3 3B modellerin üretilme amaçları

Bir modelin nasıl çizileceği, **ne için kullanılacağına** bağlıdır. Aynı nesne (örneğin bir dişli) CNC için hassas ölçülerle, oyun için ise düşük poligonlu ve dokulu olarak hazırlanır.

Amaç	Modelden beklenen	Tipik dosya / yazılım
CNC işleme	Hassas ölçü, katı model. CAM yazılımında takım yolu hesaplanır, makine **G-kodu** ile çalışır.	STEP, IGES, DXF, STL; CAM yazılımları
3D yazıcı	Kapalı (watertight) mesh, uygun duvar kalınlığı ve gerçek ölçü. Dilimleyici (slicer) katmanlara böler.	STL, 3MF; Cura, PrusaSlicer

Amaç	Modelden beklenen	Tipik dosya / yazılım
Oyun	Düşük poligon sayısı, UV açılımı, doku (texture), LOD. Gerçek zamanlı çalışması gerekir.	FBX, glTF/GLB; Unity, Unreal Engine
Animasyon / film	Detaylı model, doğru topoloji, iskelet (rig) ve yüksek kaliteli render.	.blend, FBX, Alembic; Blender, Maya
Mimari görselleştirme	Ölçülü yapı modeli, malzeme ve ışıklandırma ile gerçekçi görüntü.	Render (Cycles, Eevee) ve video
Ürün tasarımı / prototip	Fikrin hızlıca görselleştirilmesi, gerekirse 3D baskı ile örnek üretimi.	STL, STEP, render
VR / AR	Performans odaklı, hafif modeller; gerçek ölçeğe uygunluk.	glTF/GLB, FBX; Unity

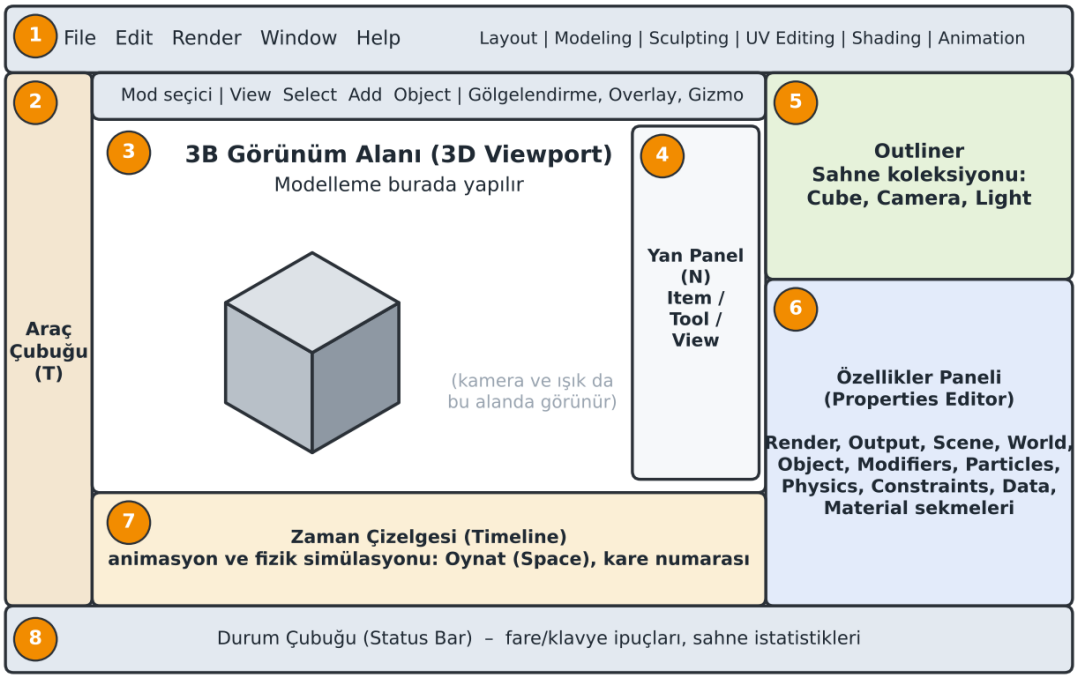
> **Dikkat:** 3D yazıcı ve CNC için model **gerçek ölçüde** (milimetre/santimetre) hazırlanmalıdır. Blender'da birim ayarı **Scene Properties > Units** bölümünden yapılır.

1.4 Blender nedir?

Blender; **ücretsiz ve açık kaynaklı** bir 3B yazılımdır. Tek bir program içinde modelleme, heykel (sculpt), UV açma, doku boyama, iskelet ve animasyon, simülasyon (fizik), render ve video düzenleme yapılabilir. Hem sanatsal hem de basit teknik işler için kullanılabildiği için eğitimde sıkça tercih edilir.

- Render motorları: **Eevee** (gerçek zamanlıya yakın, hızlı) ve **Cycles** (fiziksel tabanlı, gerçekçi, yavaş).
- Kendi dosya biçimi **.blend**'dir; OBJ, FBX, STL, glTF gibi birçok biçimi içe/dışa aktarabilir.
- Python ile otomasyon ve eklenti (add-on) geliştirmeye açıktır.

1.5 Blender genel arayüzü ve kullanım amacı



Şekil 1: *Blender varsayılan arayüzünün şematik gösterimi (Layout çalışma alanı).*

No	Bölüm	Ne işe yarar?
1	Üst çubuk	File, Edit, Render, Window, Help menüleri ve **çalışma alanı (Workspace)** sekmeleri: Layout, Modeling, Sculpting, UV Editing, Shading, Animation...
2	Araç çubuğu (Toolbar)	Seç, Taşı, Döndür, Ölçekle, Ölç gibi araçlar. `T` ile açılır/kapanır.
3	3B Görünüm Alanı (3D Viewport)	Modelleme ve sahne düzenlemenin yapıldığı ana alan. Üstündeki başlıkta **mod seçici**, View/Select/Add/Object menüleri ve gölgelendirme düğmeleri bulunur.
4	Yan panel (Sidebar)	`N` ile açılır. **Item** sekmesinde seçili nesnenin konum, döndürme, ölçek ve boyut değerleri sayısal olarak görülür.
5	Outliner	Sahnedeki tüm nesnelerin hiyerarşik listesi. Nesne seçme, gizleme (göz simgesi), yeniden adlandırma buradan yapılır.
6	Properties Editor	Seçili nesnenin ayarları: Object, **Modifiers**, **Physics**, Material, Render, Output, World sekmeleri.
7	Timeline	Animasyon kareleri ve **fizik simülasyonu** için oynat/durdur ve kare seçimi.
8	Durum çubuğu	Fare ve klavye ipuçları, sahne istatistikleri.

Yeni bir sahne açıldığında varsayılan olarak bir **küp (Cube)**, bir **kamera (Camera)** ve bir **ışık (Light)** bulunur.

1.6 3B görünümde gezinme (Navigation)

İşlem	Kısayol	Açıklama
Döndür (Orbit)	Orta fare tuşu + sürükle	Sahneye farklı açılardan bak
Kaydır (Pan)	`Shift` + orta fare tuşu	Görünümü yana/yukarı kaydır
Yakınlaş / uzaklaş	Fare tekerleği	Zoom
Ön / Sağ / Üst görünüm	`Numpad 1` / `Numpad 3` / `Numpad 7`	`Ctrl` ile birlikte arka, sol, alt görünüm
Perspektif ↔ Ortografik	`Numpad 5`	Ölçülü modelleme için ortografik daha uygundur
Seçili nesneye odaklan	`Numpad .` (nokta)	Seçili nesne ekranı doldurur
Tüm sahneyi göster	`Home`	Tüm nesneler görünür
Gölgelendirme menüsü	`Z`	Wireframe, Solid, Material Preview, Rendered
X-Ray (saydam) göster	`Alt + Z`	Nesnenin arkasındaki köşe ve kenarları da görmeyi sağlar

1.7 Temel işlem kısayolları

Kısayol	İşlev	Kısayol	İşlev
`Shift + A`	Nesne ekle (Add menüsü)	`A`	Tümünü seç
`X` veya `Delete`	Seçileni sil	`Alt + A`	Seçimi kaldır
`Shift + D`	Kopyala (duplicate)	`Ctrl + I`	Seçimi ters çevir
`Ctrl + Z`	Geri al	`B`	Kutu ile seç (box select)
`Ctrl + Shift + Z`	Yinele	`F3`	Komut arama
`Ctrl + S`	Kaydet	`N` / `T`	Yan panel / Araç çubuğu

Kendinizi test edin: Bölüm 1

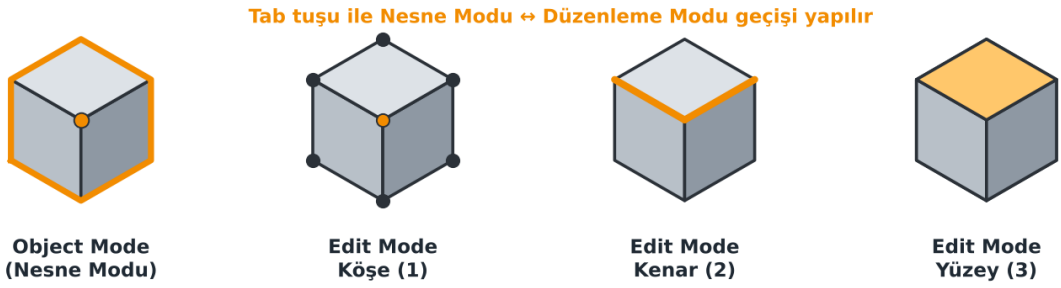
1. Teknik (CAD) ve sanatsal 3B programlar arasındaki temel fark nedir? Her gruptan ikişer örnek veriniz.
2. 3D yazıcı için hazırlanan modelin sağlaması gereken iki şart nedir?
3. Oyun modellerinde neden düşük poligon sayısı tercih edilir?
4. Blender arayüzünde Outliner ve Properties Editor'ün görevleri nelerdir?
5. Orta fare tuşu, `Shift` + orta fare tuşu ve `Numpad 5` ne işe yarar?

2. Bölüm: Object Mode, Edit Mode; Taşıma, Ölçekleme, Döndürme

2.1 Blender'da çalışma modları

Blender'da aynı nesne üzerinde farklı işler farklı **modlarda** yapılır. Mevcut mod, 3B Görünüm Alanı'nın sol üstündeki **mod seçici** menüsünde görünür.

Mod	Ne için kullanılır?
Object Mode (Nesne Modu)	Nesneyi **bir bütün** olarak ele alır: taşıma, döndürme, ölçekleme, ekleme, silme, kopyalama, modifier ekleme.
Edit Mode (Düzenleme Modu)	Nesnenin **iç yapısını** (köşe, kenar, yüzey) düzenler: Extrude, Bevel, Loop Cut gibi modelleme işlemleri burada yapılır.
Sculpt Mode	Fırça ile kil gibi şekillendirme (heykel).
Vertex / Weight / Texture Paint	Renk, ağırlık ve doku boyama.



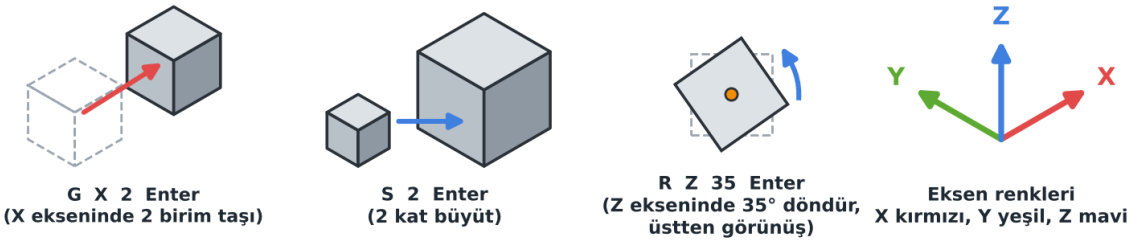
Şekil 2: *Object Mode ve Edit Mode'un üç seçim türü: köşe, kenar, yüzey.*

İşlem	Kısayol
Object Mode ↔ Edit Mode geçişi	`Tab`
Mod menüsü (pie menü)	`Ctrl + Tab`
Köşe / Kenar / Yüzey seçim modu (Edit Mode)	`1` / `2` / `3` (klavyenin üst sıra rakamları)
Seçime ekleme / çıkarma	`Shift` + sol tık
Kenar halkası (loop) seçimi	`Alt` + kenara sol tık
Fare altındaki bağlı parçayı seç (linked)	`L`
Daire fırçası ile seç	`C`

> **Not:** Nesnenin **origin** (orijin) noktası turuncu küçük noktadır. Döndürme ve ölçekleme bu noktaya göre yapılır. Konumu **Object > Set Origin** menüsünden değiştirilebilir.

2.2 Taşıma, ölçekleme ve döndürme (G, S, R)

Blender'ın en temel üç dönüşümü tek harfle çağrılır: **G**rab (taşı), **S**cale (ölçekle), **R**otate (döndür). Dönüşüm başlatıldıktan sonra fare hareket ettirilerek ya da **sayı yazılarak** işlem yapılır. Sol tık veya `Enter` onaylar, sağ tık veya `Esc` iptal eder.



Şekil 3: *Taşıma (G), ölçekleme (S), döndürme (R) örnekleri ve eksen renkleri.*

Kısayol	Açıklama	Örnek
`G`	Seçili nesne veya köşe/kenar/yüzeyi taşır	`G` → fareyi oynat → tıkla
`G` `X` / `Y` / `Z`	Yalnızca seçilen eksen boyunca taşır	`G` `Z` `3` `Enter` : 3 birim yukarı
`G` `Shift + Z`	Z **hariç** diğer iki eksende (düzlemde) taşır	Zemin düzleminde serbest taşıma
`S`	Her üç eksende orantılı ölçekler	`S` `2` `Enter` : 2 kat büyüt
`S` `Z` `0.5`	Yalnızca Z ekseninde ölçekler	Yüksekliği yarıya indirir
`R`	Görünüm yönünde döndürür	`R` `Z` `90` `Enter` : Z'de 90°
`R` `X` / `Y` / `Z`	Seçilen eksen etrafında döndürür	`R` `X` `-45` `Enter`
`Ctrl` basılı tut	Adım adım (snap) hareket	Hassas hizalama
`Shift` basılı tut	Yavaş / hassas hareket	İnce ayar
`Alt + G` / `Alt + R` / `Alt + S`	Konum / döndürme / ölçeği sıfırlar (Object Mode)	Nesne orijine döner
`Ctrl + A`	Apply menüsü (All Transforms, Location, Rotation, Scale)	Ölçeği sabitle

> **İpucu:** Eksen tuşuna (`X` , `Y` , `Z`) **iki kez** basarsanız dönüşüm nesnenin **yerel (Local)** eksenine göre yapılır. Sayısal değerleri yan panelden (`N` > **Item**) de girebilirsiniz.

> **Dikkat:** Object Mode'da ölçekleme yaptıktan sonra `Ctrl + A` > **Scale** ile ölçeği **Apply** edin. Aksi halde Bevel, Solidify, Array ve fizik simülasyonları beklenmedik sonuç verir (Scale değeri 1 olmalıdır).

2.3 Uygulama: Basit masa modeli

1. Varsayılan küpü seçin. `S` `X` `4` `Enter` , `S` `Y` `2` `Enter` , `S` `Z` `0.2` `Enter` ile **masa tablasını** oluşturun. `Ctrl + A` > **Scale** ile ölçeği uygulayın.
2. `Shift + A` > **Mesh > Cube** ile yeni bir küp ekleyin. `S` `0.2` ile küçültün, `S` `Z` `4` ile **masa ayağı** olacak şekilde uzatın.
3. `G` ile ayağı tablanın bir köşesinin altına taşıyın (`G` `Z` ile yüksekliği ayarlayın).

4. `Shift + D` ile ayağı kopyalayın, `X` veya `Y` tuşu ile eksen kilitleyip diğer köşelere yerleştirin (toplam 4 ayak).
5. Ayakları ve tablayı seçip `Ctrl + J` ile tek nesne yapın (isteğe bağlı).

Kendinizi test edin: Bölüm 2

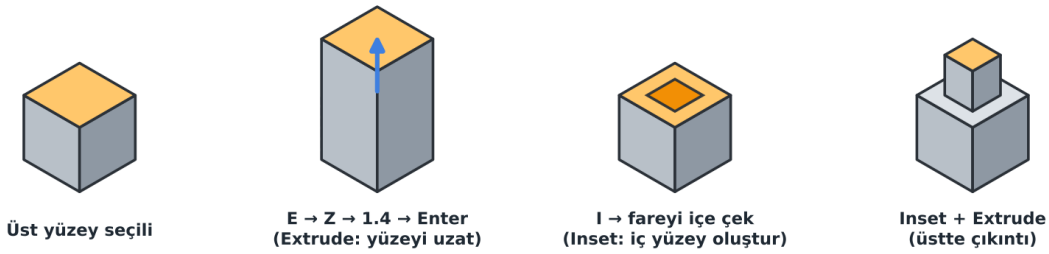
1. Object Mode ile Edit Mode arasındaki fark nedir? Hangi tuşla geçiş yapılır?
2. Edit Mode'da köşe, kenar ve yüzey seçim modlarına hangi tuşlarla geçilir?
3. Bir nesneyi Z ekseninde 3 birim yukarı taşıyan tuş dizisini yazınız.
4. `S` `Z` `0.5` komutu ne yapar?
5. Ölçekleme sonrası neden `Ctrl + A` > Scale uygulanmalıdır?

3. Bölüm: Extrude, Inset, Bevel ve Loop Cut

Bu bölümdeki araçlar **Edit Mode**'da kullanılır ve poligon modellemenin temelini oluşturur. Neredeyse tüm modelleme işi; seçmek, **extrude** ile uzatmak, **loop cut** ile bölmek ve **bevel** ile köşeleri yumuşatmaktan ibarettir.

3.1 Extrude (E): uzatma / çıkarma

Extrude, seçili köşe, kenar veya yüzeyden **yeni geometri** üretir. Yüzey seçiliyken `E` tuşuna basıldığında yüzey kopyalanır, kenarları eski yüzeye bağlanır ve fare ile (varsayılan olarak yüzey normali yönünde) uzatılır.



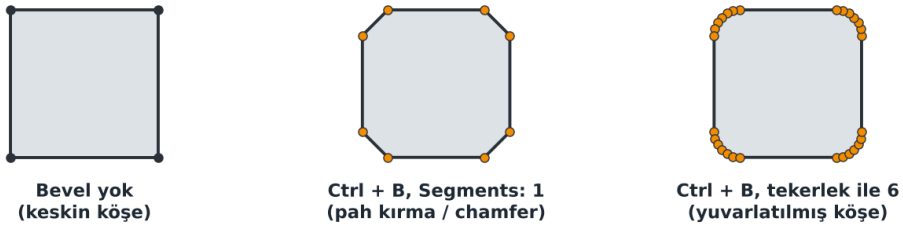
Şekil 4: Extrude ve Inset ile geometri oluşturma.

Kısayol	Açıklama
`E`	Seçili öğeyi extrude et (yüzey normali yönünde)
`E` `Z` `1.5` `Enter`	Yalnız Z ekseninde 1.5 birim extrude et
`Alt + E`	Extrude menüsü: Extrude Faces, Along Normals, Individual Faces...
`I`	Inset: yüzeyin içinde, kenar boşluğu bırakarak yeni yüzey oluşturur
`I` `I`	Inset sırasında tekrar `I` : her yüzey için ayrı (Individual) inset
`E` ardından negatif değer	İçeri doğru extrude (oyuk, pencere boşluğu)

> **Dikkat:** `E` tuşuna bastıktan sonra **sağ tık veya Esc** ile iptal ederseniz yalnızca **hareket** iptal olur; kopyalanan geometri aynı yerde kalır (çift yüzey hatası). Bu durumda `Ctrl + Z` ile geri alın ya da `M` > **By Distance** ile çakışan noktaları birleştirin.

3.2 Bevel (Ctrl + B): köşeleri yumuşatma

Gerçek hayatta hiçbir köşe **tamamen keskin** değildir. Bevel; seçili kenarları pah kırarak veya yuvarlatarak keskin köşeleri yumuşatır. Böylece model ışığı daha gerçekçi yakalar.



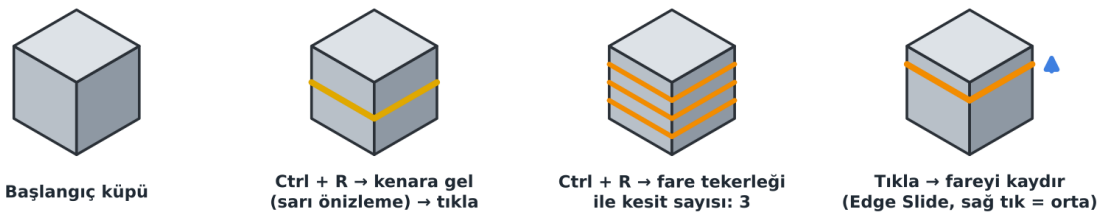
Şekil 5: *Bevel: keskin köşe, tek segmentli pah ve çok segmentli yuvarlatma.*

Kısayol	Açıklama
`Ctrl + B`	Seçili **kenarlara** Bevel uygular; fare ile mesafe (Offset) belirlenir
Fare tekerleği (veya `Page Up/Down`)	Segment sayısını artırır/azaltır (1 = pah, 3-6 = yuvarlak)
`Ctrl + Shift + B`	Seçili **köşe noktalarına** Bevel uygular (Vertex Bevel)
Sayı yazıp `Enter`	Mesafeyi sayısal girer (örn. `0.05`)
Sol alttaki **Bevel** paneli	Amount, Segments, Profile ayarlarını sonradan değiştirir

> **İpucu:** Bevel'dan önce **kenar seçim moduna** (`2`) geçip bevel yapılacak kenarları seçin. Tüm kenarları seçmek için `A` kullanabilirsiniz. Alternatif olarak **Bevel Modifier** da kullanılabilir.

3.3 Loop Cut (Ctrl + R): halka kesit ekleme

Loop Cut, modelin çevresinden dolaşan **yeni bir kenar halkası** ekler. Detay eklemek, extrude edilecek bölge hazırlamak veya bir yüzeyi bölmek için kullanılır.



Şekil 6: *Loop Cut: kesit ekleme, sayıyı artırma ve kaydırma (Edge Slide).*

1. Edit Mode'da `Ctrl + R` tuşuna basın.
2. Fareyi, kesit eklemek istediğiniz kenara yaklaştırın; sarı/pembe bir **önizleme çizgisi** görünür (yön, fare konumuna göre değişir).
3. **Fare tekerleğini** çevirerek kesit sayısını artırın (örn. 3 kesit).
4. Sol tıklayın; ardından fareyi hareket ettirerek kesiti **kaydırın** (Edge Slide).
5. Kesiti tam ortada bırakmak için kaydırma sırasında **sağ tıklayın** (veya `Esc`). Onaylamak için tekrar sol tık veya `Enter` .

Sık kullanılan diğer düzenleme araçları

Kısayol	İşlev
`K`	Knife (bıçak): serbest kesik atar
`F`	Seçili köşe/kenarlardan yüzey oluşturur (Fill)
`M`	Merge: seçili noktaları birleştirir (At Center, By Distance...)
`X`	Silme menüsü: Vertices, Edges, Faces, Dissolve...
`G` `G`	Edge/Vertex Slide: kenarı veya noktayı komşu kenar boyunca kaydırır
`P`	Edit Mode'da seçileni ayrı nesne yapar (Separate)
`Ctrl + J`	Object Mode'da seçili nesneleri birleştirir (Join)
`Shift + R`	Son yapılan işlemi tekrarlar
`Alt` + tık	Kenar halkası (loop) seçimi

3.4 Uygulama: Pencereli duvar

1. Küpü `S` `X` `4` , `S` `Y` `0.3` ve `S` `Z` `2` ile duvar şekline getirin; `Ctrl + A` > **Scale** uygulayın.
2. `Tab` ile Edit Mode'a girin. `Ctrl + R` ile fare tekerleğini kullanarak **iki dikey** ve **iki yatay** kesit ekleyin (pencere çerçevesi için).
3. `3` ile yüzey seçim moduna geçin, öndeki ortadaki yüzeyi seçin.
4. `I` ile yüzeyi hafifçe içe doğru inset edin (çerçeve kalınlığı).
5. `E` tuşuna basıp **negatif** değer girerek içeri doğru extrude edin (örn. `-0.15`) veya `X` > **Faces** ile yüzeyi silerek pencere boşluğu açın.
6. Köşeleri yumuşatmak için kenarları seçip `Ctrl + B` uygulayın.

Kendinizi test edin: Bölüm 3

1. `E` tuşu ne yapar? Yalnızca Z ekseninde extrude etmek için hangi tuş dizisi kullanılır?
2. `E` tuşundan sonra `Esc` ile iptal edilirse ne olur, nasıl düzeltilir?
3. Bevel kısayolu nedir? Segment sayısı nasıl artırılır? Hangi seçim modunda kullanılır?
4. Loop Cut adımlarını sırasıyla yazınız. Kesiti tam ortada bırakmak için ne yapılır?
5. Inset (`I`) ve Extrude (`E`) birlikte nasıl kullanılır? Bir örnek veriniz.

4. Bölüm: Temel Modifier'lar

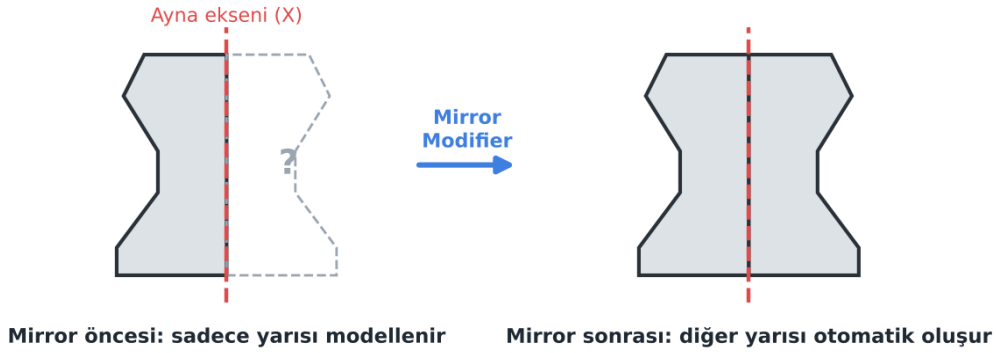
4.1 Modifier nedir?

Modifier (değiştirici), nesnenin mesh'ini **kalıcı olarak değiştirmeden**, üzerine bir işlem uygulayan **yıkıcı olmayan (non-destructive)** araçtır. Değerler istenildiği zaman değiştirilebilir veya modifier tamamen kapatılabilir.

- **Properties Editor > Modifiers** sekmesi (anahtar simgesi) > **Add Modifier** menüsünden eklenir. Modelleme için kullanılanlar çoğunlukla **Generate** grubundadır.
- Modifier'lar **yukarıdan aşağıya** sırayla uygulanır; **sıra sonucu değiştirir** (panelin başlığından sürükleyerek sıra değiştirilir).
- Göz ve kamera simgeleri ile görünüm ve render'da açılıp kapatılır.
- Kalıcı hale getirmek için modifier başlığındaki ok menüsünden **Apply** seçilir (fare modifier üzerindeyken `Ctrl + A`).

4.2 Mirror (Ayna)

Modelin **yalnızca yarısını** çizip diğer yarısını otomatik olarak yansıtır. Simetrik nesneler (araç, karakter yüzü, gemi, vazo) için zamandan büyük tasarruf sağlar.



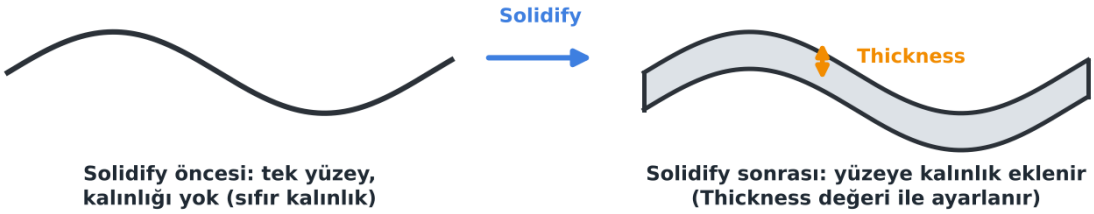
Şekil 7: *Mirror modifier: yarım model ve yansıtılmış sonuç.*

Ayar	Görevi
Axis (X, Y, Z)	Yansıtma ekseni. Varsayılan **X**'tir.
Clipping	Ayna ekseni üzerindeki noktaların eksenden ayrılmasını engeller; orta çizgi kapalı kalır.
Merge	Eksene çok yakın noktaları birleştirir; yarılar arasında boşluk kalmasını önler.
Bisect	Eksenin diğer tarafına taşan kısmı keser.
Mirror Object	Ayna merkezi olarak başka bir nesneyi (örn. Empty) kullanır.

> **İpucu:** Mirror, nesnenin **origin** noktasına göre yansıtır. Orijin simetri çizgisinde değilse yansıma kayar; **Set Origin** ile düzeltin. Önce modelin yarısını silip (Edit Mode: `X` > Vertices) ardından Mirror ekleyin.

4.3 Solidify (Kalınlık verme)

Tek yüzeyli (kalınlığı olmayan) bir mesh'e **kalınlık** verir. Kağıt, kumaş, cam, kap-kacak, kabuk ve duvar gibi nesnelerde kullanılır.



__Şekil 8:__ Solidify: tek yüzeye kalınlık eklenmesi.

- **Thickness:** Kalınlık miktarı (negatif değer ters yöne verir).
- **Offset:** Kalınlığın yüzeyin hangi tarafına eklenileceği (-1, 0, +1).
- **Even Thickness:** Kalınlığı eşit tutar (eğimli yüzeylerde faydalıdır).

> **Not:** Kalınlık yönü **yüzey normallerine** bağlıdır. Yanlış tarafa kalınlık oluşuyorsa Thickness değerini negatif yapın veya Edit Mode'da normalleri çevirin (**Mesh > Normals > Flip**).

4.4 Subdivision Surface (Yüzey bölme / yumuşatma)

Düşük poligonlu (low-poly) bir modeli **pürüzsüz** hale getirir. Her yüzeyi daha küçük yüzeylere böler ve köşeleri yumuşatır (Catmull-Clark algoritması). Organik ve yuvarlak şekillerin modellenmesinin temelidir.



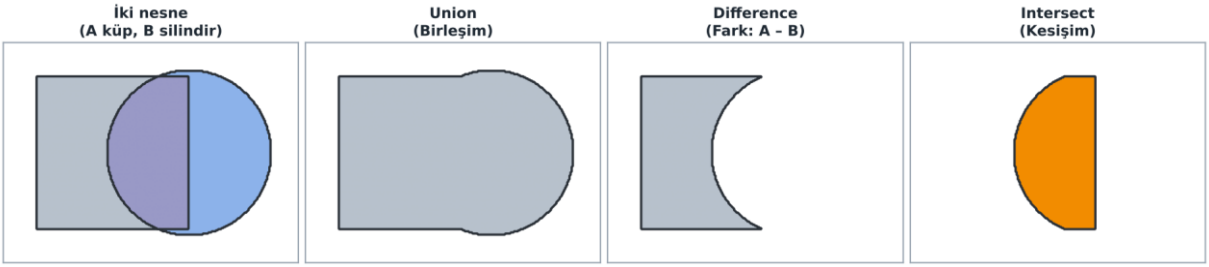
__Şekil 9:__ Subdivision Surface seviyeleri: Levels arttıkça şekil yumuşar.

- **Hızlı ekleme:** Object Mode'da `Ctrl + 1` , `Ctrl + 2` , `Ctrl + 3` tuşları ilgili seviyede modifier ekler.
- **Levels Viewport:** 3B görünümde kullanılan seviye. **Render:** son görüntü alınırken kullanılan seviye.
- Her seviye yüzey sayısını yaklaşık **4 katına** çıkarır (örneğin 6 yüzlü küp: 6 → 24 → 96). Yüksek seviyeler bilgisayarı yavaşlatır; Viewport için 1-2, Render için 2-3 yeterlidir.
- Yüzeyi gerçekten pürüzsüz göstermek için nesneye sağ tıklayıp **Shade Smooth** seçilir.

> **İpucu:** Köşenin **keskin kalmasını** istiyorsanız köşeye yakın bir **Loop Cut** (`Ctrl + R`) ekleyin. Kenarlar birbirine ne kadar yakınsa köşe o kadar keskin kalır. Modelde mümkün olduğunca **dörtgen (quad)** yüzey kullanın.

4.5 Boolean (Mantıksal işlemler)

İki nesne arasında **birleştirme, çıkarma veya kesişim** işlemi yapar. Delik, kanal, yuva veya karmaşık kesimler için hızlı bir yöntemdir.



Şekil 10: *Boolean işlemleri: Union, Difference, Intersect.*

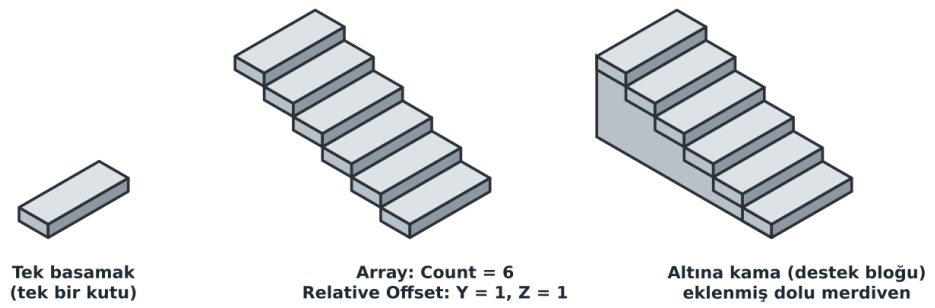
İşlem (Operation)	Sonuç
Union	İki nesneyi tek parça olarak birleştirir.
Difference	Birinci nesneden ikinci nesnenin hacmini çıkarır (delik açar).
Intersect	Yalnızca iki nesnenin ortak kalan kısmını bırakır.

1. Delik açılacak nesneyi seçin; Modifiers > **Add Modifier > Generate > Boolean**.
2. Operation: **Difference** seçin. Operand Type: **Object**; alandan **kesici nesneyi** seçin.
3. Kesici nesneyi seçip **Object Properties > Viewport Display > Display As** menüsünden **Wire** veya **Bounds** yapın (arka planda görünsün).
4. Sonuç uygunsa Boolean modifier'ı **Apply** edin ve kesici nesneyi silin ya da gizleyin.

> **Dikkat:** Boolean sonrası mesh düzensiz (karmaşık) olabilir. Subdivision Surface ile birlikte kullanılacaksa sonrasında temizlik gerekebilir. Solver olarak **Exact** daha doğru, **Fast** daha hızlıdır.

4.6 Array (Tekrarlama) ve merdiven yapımı

Array, bir nesneyi belirli bir **sayıda** ve **aralıkta** otomatik olarak kopyalar. Merdiven, çit, korkuluk, tuğla duvar, zincir gibi tekrar eden yapılar için idealdir.



Şekil 11: *Array modifier ile merdiven: tek basamaktan merdivene.*

Ayar	Görevi
Fit Type: **Fixed Count**	Kopya sayısını (**Count**) elle belirler. Diğerleri: Fit Length, Fit Curve.
Relative Offset (Factor X, Y, Z)	Kopyalar arasındaki mesafeyi **nesnenin kendi boyutuna oranla** verir. 1 = nesne boyu kadar kaydır.
Constant Offset (Distance)	Kopyalar arasındaki mesafeyi sabit ölçü (metre) olarak verir.
Object Offset	Başka bir nesnenin (örn. Empty) konum/dönme/ölçeğine göre kopyalar; döndürerek **dairesel** dizilim yapılabilir.
Merge	Kopyaların birbirine değen noktalarını birleştirir.

Uygulama: Merdiven yapımı

1. Bir küpü basamak biçiminde ölçekleyin: geniş, kısa derinlikte ve ince (örneğin genişlik 2.2, derinlik 0.8, yükseklik 0.32). `Ctrl + A` > **Scale** ile ölçeği uygulayın.
2. **Modifiers > Add Modifier > Generate > Array** ekleyin.
3. **Count** değerini 10 yapın (basamak sayısı).
4. **Relative Offset** kutusunda **Factor X = 0**, **Factor Y = 1** (ileri), **Factor Z = 1** (yukarı) olarak ayarlayın. Her yeni basamak bir öncekinin hem **derinliği kadar ileride** hem de **yüksekliği kadar yukarıda** oluşur.
5. Dolu merdiven için basamakların altına kama biçiminde bir destek bloğu modelleyin (örneğin bir küpü Edit Mode'da düzenleyerek).

> **İpucu:** Basamaklar arasında boşluk veya çakışma olursa **Relative Offset Y** değerini küçültüp artırarak (örn. 0.9 veya 0.5) ayarlayın. Dairesel merdiven için bir **Empty** ekleyip Array'de **Object Offset** seçin ve Empty'yi döndürün.

Kendinizi test edin: Bölüm 4

1. Modifier kullanmanın avantajı nedir? Modifier'lar hangi sıra ile uygulanır?
2. Mirror modifier'da Clipping ve Bisect ayarları ne işe yarar?
3. Solidify modifier'ın **Thickness** ayarı neyi belirler?
4. Subdivision Surface için hızlı kısayol nedir? Levels Viewport ve Render farkı nedir?
5. Boolean'ın üç işlemini yazınız. Kesici nesne nasıl daha kolay görünür hale getirilir?
6. Array ile merdiven yaparken Relative Offset hangi değerler verilir? Neden?

5. Bölüm: Fizik İşlemleri (Kumaş, Yastık, Yatak Örtüsü)

5.1 Blender'da fizik simülasyonu

Blender; kumaş, sıvı, duman, sert cisim gibi davranışları **simülasyon** ile hesaplayabilir. Fizik ayarları **Properties Editor > Physics** sekmesinde bulunur. Simülasyon zaman çizelgesindeki **kareler** boyunca hesaplanır.

İşlem	Kısayol / Yer
Simülasyonu oynat / durdur	`Space` (boşluk tuşu)
Başlangıç karesine dön	`Shift + ←` (Shift + Sol ok)
Kare aralığı	Timeline altındaki **Start / End** alanları
Hesaplanan sonucu önbelleğe al	Physics > Cloth > **Cache > Bake**
Sonucu kalıcı yap	Modifiers sekmesinde **Cloth > Apply** (mevcut kareyi mesh'e işler)

> **Dikkat:** Simülasyonu her zaman **başlangıç karesinden (kare 1)** başlatın. Ortadaki bir kareden oynatırsanız sonuç hatalı çıkabilir.

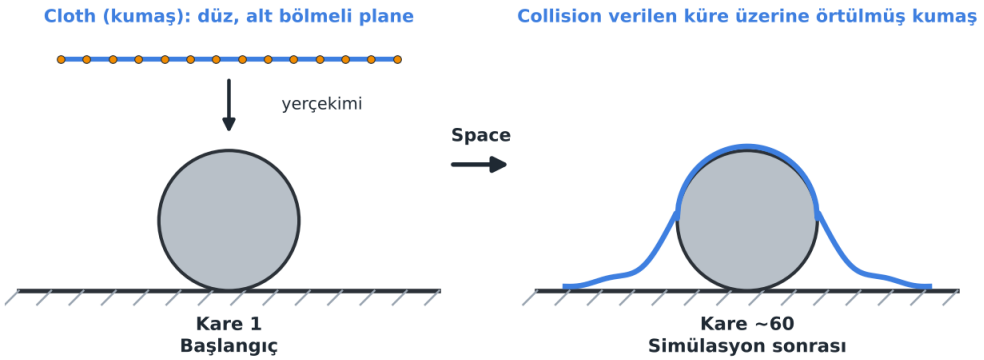
5.2 Cloth (Kumaş) ayarları

Bir nesneye kumaş fiziği vermek için nesne seçili iken **Physics > Cloth** düğmesine tıklanır. Kumaşın doğru davranması için mesh'in **yeterli sıklıkta bölünmüş** olması gerekir; düz bir plane Edit Mode'da sağ tık > **Subdivide** veya `Ctrl + R` ile bölünür.

Ayar	Ne işe yarar?	Öneri
Presets	Hazır kumaş türleri: Cotton, Silk, Denim, Leather, Rubber	Başlangıç için **Cotton** veya **Silk**
Quality Steps	Hesaplama hassasiyeti; artınca daha az içine geçme, ama daha yavaş	5 varsayılan; sorunlu durumlarda 8-10
Mass	Kumaşın ağırlığı	Preset belirler
Stiffness: Bending	Bükülme sertliği; küçük değer = yumuşak, kıvrımlı kumaş	Perde/örtü için düşük
Shape > Pin Group	Belirli noktaları sabitler (perde askısı, bayrak direği)	Vertex Group ile
Shape > Pressure	Kapalı mesh'i **içeriden şişirir**	Yastık, balon
Collisions > Object Collisions	Diğer nesnelerle çarpışma; **Distance** mesafesi	0.01-0.02 civarı
Collisions > Self Collisions	Kumaşın kendi içinden geçmesini engeller	Kıvrımlı örtülerde açık

> **Not:** Çarpışma yapacak sert nesne (küre, yatak, masa) için nesne seçilip **Physics > Collision** düğmesine tıklanır. Bu işlem yapılmazsa kumaş nesnenin içinden geçip düşer.

5.3 Kumaş fiziği: nesne üzerine örtü düşürme



Şekil 12: Kumaş simülasyonu: düz plane'in küre üzerine düşüp şekil alması.

1. Üzerine kumaş düşecek nesneyi (küre, masa) seçin ve **Physics > Collision** verin.
2. `Shift + A` > **Mesh > Plane** ekleyin; `S` ile büyütüp `G` `Z` ile nesnenin **üstüne** yükseltin. `Ctrl + A` > **Scale** uygulayın.
3. Edit Mode'da plane'i bölün: sağ tık > **Subdivide**, kesit sayısını artırın (örn. 30-40). Plane yeterince sık olmazsa kumaş sert ve köşeli görünür.
4. Object Mode'a dönün, Plane seçiliyken **Physics > Cloth** düğmesine tıklayın; **Presets > Cotton** seçin.
5. `Shift + ←` ile kare 1'e dönüp `Space` ile simülasyonu oynatın.
6. Kumaş uygun şekli aldığında `Space` ile durdurun; **Cloth** modifier'ında **Apply** seçin.
7. **Subdivision Surface** ekleyin ve sağ tık > **Shade Smooth** uygulayın.

> **İpucu:** **Subdivision Surface** modifier'ı **Cloth'tan sonra** gelmelidir. Cloth'tan önce eklenirse simülasyon çok yavaşlar. İsterseniz önce Cloth'u Apply edip ardından Subdivision ekleyin.

5.4 Yastık şişirme (Pressure)

Yastık, kapalı bir mesh'in **içeriden basınçla şişirilmesi** ile elde edilir. Basınç ayarı Cloth fiziği içindeki **Shape > Pressure** bölümündedir.



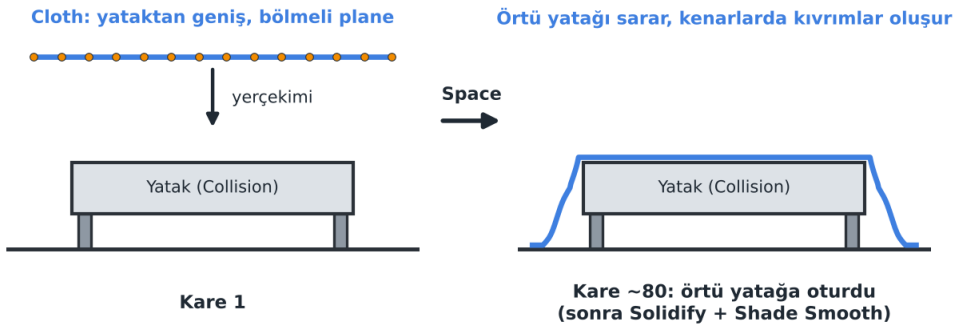
Şekil 13: Pressure ile kapalı bir meshin şişirilmesi.

1. `Shift + A` > **Mesh > Cube** ile bir küp ekleyin. Yastık oranlarına getirin: örneğin `S` `X` `1.5`, `S` `Z` `0.3`. `Ctrl + A` > **Scale** ile ölçeği uygulayın.
2. Edit Mode'da küpü sık bölün (sağ tık > **Subdivide**, kesit sayısı yüksek). Mesh **kapalı** olmalıdır (içi boş ama delik yok).
3. Object Mode'da **Physics > Cloth** verin; Preset olarak **Cotton** veya **Silk** seçin.

4. **Shape** bölümünde **Pressure** kutusunu işaretleyin. **Pressure** değerini küçük bir sayıyla (örn. 2-5) başlatıp artırarak ayarlayın.
5. **Collisions** bölümünde **Self Collisions** seçeneğini açın.
6. Kare 1'den `Space` ile oynatın; yastık şiştiğinde durdurup **Apply** edin.
7. **Subdivision Surface** ve **Shade Smooth** ekleyerek pürüzsüzleştirin.

> **İpucu:** Yastığın yerçekimi nedeniyle sarkmasını istemiyorsanız Cloth > **Field Weights** bölümünde **Gravity** değerini 0'a yaklaştırın. Yastık çok fazla şişiyorsa Pressure değerini düşürün.

5.5 Yatak örtüsü yapma



Şekil 14: Yatak örtüsü simülasyonu: düz kumaşın yatağı sarması.

1. **Yatak:** Küpü yatak ölçüsüne getirin (örn. geniş, uzun ve alçak). `Ctrl + A` > **Scale** uygulayın, **Physics > Collision** verin.
2. **Örtü:** `Shift + A` > **Mesh > Plane**. Yataktan **her yönde daha büyük** olacak şekilde ölçekleyin (sarkma payı) ve yatağın **üstüne** yükseltin.
3. Plane'i Edit Mode'da yoğun şekilde bölün (sağ tık > **Subdivide**, kesit sayısı yüksek).
4. **Physics > Cloth** verin; Preset: **Cotton**. **Quality Steps:** 8-10. **Collisions > Distance:** 0.01-0.02. **Self Collisions** açık.
5. `Shift + ←` ile başa dönüp `Space` ile oynatın; örtü yatağa oturunca durdurun.
6. **Cloth > Apply** yapın, ardından **Solidify** ile ince bir kalınlık verin (örn. 0.005-0.01 m).
7. **Subdivision Surface** ekleyip **Shade Smooth** uygulayın. İsterseniz yatağın üzerine çarpışma verilmiş yastık modelini (5.4) ayrı bir simülasyon olarak yerleştirebilirsiniz.

Sık yapılan hatalar

Sorun	Olası neden	Çözüm
Kumaş nesnenin içinden geçiyor	Nesneye **Collision** verilmemiş veya kumaş çok hızlı düşüyor	Collision ekleyin; Quality Steps ve Collision Quality değerlerini artırın
Kumaş sert, köşeli, bükülmüyor	Mesh yeterince bölünmemiş	Edit Mode'da Subdivide ile kesit artırın
Kumaş nesnenin üstünde havada duruyor	Collision **Distance** değeri çok büyük	Distance değerini düşürün (örn. 0.01)
Simülasyon her seferinde farklı çıkıyor	Kare 1'den başlamadan oynatıldı	`Shift + ←` ile başa dönün, önbelleği temizleyin

Sorun	Olası neden	Çözüm
Yastık şişmiyor	Pressure kapalı veya mesh kapalı (watertight) değil	Pressure'ı açın, mesh'teki delikleri kapatın
Davranış beklenenden farklı	Ölçek (Scale) uygulanmamış	`Ctrl + A` > Scale

Kendinizi test edin: Bölüm 5

1. Cloth simülasyonunda mesh neden yeterince bölünmüş olmalıdır?
2. Kumaşın çarpacağı nesneye hangi fizik seçeneği verilir?
3. Yastığı şişirmek için hangi ayar kullanılır ve nerede bulunur?
4. Simülasyon sonucunu kalıcı mesh haline getirmek için ne yapılır?
5. Kumaşın nesnenin içinden geçmesi sorunu nasıl çözülür? İki yöntem yazınız.

Kısayol Özet Tablosu

Sınavdan önce hızlıca göz atabileceğiniz özet tablodur.

Grup	Kısayol	İşlev
Gezinme	Orta tuş / `Shift` + orta tuş / tekerlek	Döndür / kaydır / yakınlaş
	`Numpad 1` `3` `7` `5` `.`	Ön, Sağ, Üst, Persp/Orto, Odakla
Genel	`Shift + A` , `X` , `Shift + D`	Ekle, Sil, Kopyala
	`Ctrl + Z` , `Ctrl + Shift + Z` , `Ctrl + S`	Geri al, Yinele, Kaydet
	`A` , `Alt + A` , `Ctrl + I` , `B`	Tümünü seç, Seçimi kaldır, Ters çevir, Kutu seç
	`N` , `T` , `Z` , `Alt + Z` , `F3`	Yan panel, Araç çubuğu, Gölgelendirme, X-Ray, Arama
Modlar	`Tab` , `1` `2` `3`	Object ↔ Edit; Köşe/Kenar/Yüzey
Dönüşüm	`G` , `S` , `R` + `X` `Y` `Z` + sayı	Taşı, Ölçekle, Döndür
	`Alt + G` `Alt + R` `Alt + S` , `Ctrl + A`	Sıfırla; Apply menüsü
Modelleme	`E` , `I` , `Ctrl + B` , `Ctrl + R`	Extrude, Inset, Bevel, Loop Cut
	`K` , `F` , `M` , `P` , `Ctrl + J`	Knife, Fill, Merge, Separate, Join
Modifier	`Ctrl + 1/2/3` , `Ctrl + A` (modifier üstünde)	Subdivision seviyesi, Apply
Fizik	`Space` , `Shift + ←`	Oynat/Durdur, Başa dön

Cevap Anahtarı

Bölüm 1

1. Teknik (CAD) programlar ölçü ve hassasiyet odaklı, mühendislik ve imalat için kullanılır (SolidWorks, Fusion 360, AutoCAD). Sanatsal programlar görünüm ve yaratıcılık odaklı, oyun/film/animasyon için kullanılır (Blender, Maya, 3ds Max, ZBrush).
2. Model **kapalı (watertight) mesh** olmalı ve gerçek ölçüde, yeterli duvar kalınlığında hazırlanmalıdır (STL/3MF olarak aktarılır).
3. Oyunlar gerçek zamanlı çalıştığı için; düşük poligon sayısı performansı (kare hızını) artırır ve bellek kullanımını azaltır.
4. Outliner: sahnedeki nesnelerin listesi ve yönetimi. Properties Editor: seçili nesnenin Object, Modifiers, Physics, Material, Render vb. ayarları.
5. Orta tuş: görünümü döndürür. `Shift` + orta tuş: kaydırır (pan). `Numpad 5` : perspektif ↔ ortografik geçiş.

Bölüm 2

1. Object Mode nesneyi bütün olarak düzenler (taşı, ölçekle, ekle, sil); Edit Mode nesnenin köşe, kenar ve yüzeylerini düzenler. Geçiş `Tab` ile yapılır.
2. Köşe için `1` , kenar için `2` , yüzey için `3` (klavyenin üst sıra rakamları).
3. `G` `Z` `3` `Enter`
4. Nesneyi veya seçimi yalnızca Z ekseninde 0.5 katına ölçekler (yüksekliği yarıya indirir).
5. Ölçek değerini 1'e sabitlemek için; aksi halde Bevel, Solidify, Array ve fizik gibi işlemler hatalı veya beklenmedik çalışır.

Bölüm 3

1. `E` seçili köşe/kenar/yüzeyden yeni geometri üretir (extrude). Yalnız Z ekseninde: `E` `Z` ardından değer ve `Enter` .
2. Yalnızca hareket iptal olur, kopyalanan geometri yerinde kalır (çift yüzey). `Ctrl + Z` ile geri alınır veya `M` > By Distance ile birleştirilir.
3. `Ctrl + B` . Fare tekerleği (veya `Page Up/Down`) ile segment artırılır. Kenar seçim modunda (`2`) kullanılır; köşe için `Ctrl + Shift + B` .
4. `Ctrl + R` → fareyi kenara getir → tekerlekle kesit sayısını ayarla → sol tık → fareyle kaydır → onayla. Kesiti ortada bırakmak için sağ tık.
5. Önce `I` ile yüzeyin içinde yeni yüzey oluşturulur, sonra `E` ile bu iç yüzey dışarı (çıkıntı) veya içeri (oyuk, pencere) extrude edilir.

Bölüm 4

1. Mesh'i kalıcı değiştirmeden (yıkıcı olmayan) işlem uygular, değerler sonradan değiştirilebilir. Modifier'lar yukarıdan aşağıya sırayla uygulanır; sıra sonucu etkiler.
2. Clipping: eksendeki noktaların eksenden ayrılmasını engeller. Bisect: ayna ekseninin öbür tarafına taşan kısmı keser.
3. Yüzeye eklenecek kalınlık miktarını belirler (negatif değer ters yöne ekler).

4. Object Mode'da `Ctrl + 1/2/3`. Viewport: 3B görünümdeki seviye; Render: son görüntüdeki seviyedir (Render genellikle daha yüksektir).
5. Union, Difference, Intersect. Kesici nesnenin Display As ayarı Wire veya Bounds yapılır.
6. Count (basamak sayısı), Relative Offset: X = 0, Y = 1, Z = 1. Her basamak bir öncekinin derinliği kadar ileride, yüksekliği kadar yukarıda oluşur.

Bölüm 5

1. Kumaş, mesh'teki köşe noktalarının hareketiyle şekil alır; nokta sayısı az ise kumaş sert ve köşeli davranır.
2. Physics > **Collision**.
3. Cloth fiziği içindeki **Shape > Pressure** (kapalı mesh ile).
4. Cloth modifier'ını **Apply** etmek veya **Bake** ile sonucu önbelleğe almak.
5. Çarpışma nesnesine Collision vermek; Quality Steps / Collision Quality değerlerini artırmak (ayrıca Distance değerini uygun ayarlamak, nesneye daha fazla bölme eklemek).