3D CAD & PARAMETRİK TASARIM ATÖLYE POSTERİ

Geometrik Çekirdekler · Karar Ağacı · Toleranslar · Delik Standartları & Kısayollar (2026)

1. CAD GEOMETRİK ÇEKİRDEKLERİ (KERNELS) VE ENDÜSTRİYEL FORMAT DEĞİŞİMİ — B-REP & NURBS STANDARTLARI

Geometrik Çekirdek	Geliştirici / Lisans	B-Rep & Modelleme Hassasiyeti	Kullanan Başlıca CAD Yazılımları	Doğal Dosya Formatı	Önerilen Nötr Aktarım Formatı	Kritik Dönüşüm Kuralı
Parasolid	Siemens (Ticari Lisanslı)	Endüstri lideri; sıfır yüzey çökmesi, yüksek montaj kararlılığı	SOLIDWORKS, Onshape, Siemens NX, Solid Edge	`.x_t`, `.x_b`	`STEP AP242` / `Parasolid X_T`	Parasolid tabanlı CAD'ler arasında en kayıpsız format doğrudan .x_t aktarımıdır.
Autodesk Shape Mgr (ASM)	Autodesk (ACIS türevi)	Yüksek hassasiyet; T-Splines serbest yüzey entegrasyonu	Autodesk Fusion, Inventor, AutoCAD 3D	`.f3d`, `.ipt`	`STEP AP214` / `STEP AP242`	Bulut dışına STEP aktarırken T-Spline yüzeyleri otomatik katıya dönüştürülür.
OpenCASCADE (OCCT)	Open CASCADE SA (LGPL-2.1+)	Açık kaynak standardı; v1.0 ile topolojik isimlendirme çözüldü	FreeCAD, CAD Exchanger, SALOME	`.FCStd`, `.brep`	`STEP AP214`, `IGES`	FreeCAD'den STEP dışa aktarımında montaj renk ve hiyerarşi desteği mevcuttur.
CGAL & OpenCSG	Açık Kaynak (GPL / LGPL)	Tam matematiksel kesinlik; hesaplamalı geometri & CSG Boolean	OpenSCAD	`.scad` (Metin/Kod)	`CSG`, `STL`, `3MF`, `DXF`	Doğrudan STEP üretmez; katı modeller dilimleyici için yüksek çözünürlüklü 3MF'e çevrilir.
OpenNURBS	McNeel & Associates (Açık)	NURBS serbest yüzey matematiği (G0-G3 sürekliliği)	Rhino 3D, Grasshopper	`.3dm`	`STEP AP214`, `IGES`	Katı mühendislik montajlarına gönderirken yüzeylerin "Closed Solid Polysurface" olması gerekir.

2. PARAMETRİK MODELLEME SEÇİM AĞACI

- **Mekanik / İmalat / 3D Baskı:**
  → FreeCAD 1.0 (%100 Açık Kaynak)
  → Fusion (Hobi / Entegre CAM & CNC)
  → Onshape (Kurulumsuz Tarayıcı / Takım)
- **Değişken Boyutlu Kod Tabanlı Parçalar:**
  → OpenSCAD (Tek parametreyle tüm model güncellenir).
- **Hafif Mekanizma & Kinematik Analiz:**
  → SolveSpace (3MB tek dosya, serbestlik analizi).
- **NURBS Serbest Yüzey & Algoritmik Form:**
  → Rhino + Grasshopper (Organik ürün tasarımı).

3. MODEL ÇÖKMESİNİ ÖNLEME (5 ALTIN KURAL)

- **1. Birincil Düzlemlere Çizin:**
  Eskizleri katının hareketli yüzeylerine değil, ana XY/XZ/YZ veya Datum düzlemlerine bağlayın.
- **2. Pah/Yuvarlatma Kenarlarına Bağlanmayın:**
  Radyüs kenarları parametre değiştiğinde yok olabilir; her zaman ana geometri köşelerini seçin.
- **3. Yuvarlatmaları (Fillet) En Sona Bırakın:**
  Tüm delik ve federleri bitirmeden radyüs eklemeyin.
- **4. Eskizleri Tam Kısıtlayın (Fully Constrained):**
  Yeşil renge dönmeyen serbest eskizler modelinizi bozar.
- **5. Değişkenler Tablosu (Spreadsheet):**
  Tüm kritik ölçüleri ortak bir tabloya bağlayın.

4. SAC METAL BÜKÜM & K-FAKTÖRÜ

- **Büküm Payı Formülü (Bend Allowance):**

```
BA = π × (R + K × T) × (A / 180)
```

R: Büküm İç Yarıçapı | T: Sac Kalınlığı | A: Büküm Açısı.

- **Tipik K-Faktörü Değerleri (Hava Bükümü):**
  - Yumuşak Çelik (T < 2mm) : K = **0.33 – 0.38**
  - Alüminyum (5052-H32) : K = **0.40 – 0.45**
  - Paslanmaz Çelik : K = **0.45 – 0.50**
- **Minimum Büküm Radyüsü:**
  Çatlamayı önlemek için `R ≥ 1.0 × T` kuralını uygulayın.

5. METRİK CİVATA GEÇİŞ DELİĞİ VE İNBUS HAVŞA STANDARTLARI (ISO 273 / ISO 4762)

Anma Ölçüsü	Adım (Pitch)	Yakın Geçiş Delik (H12)	Normal Geçiş Delik (H13)	Geniş Geçiş Delik (H14)	İnbus Baş Çapı (Dk)	İnbus Havşa Çapı	İnbus Havşa Derinliği	3D Baskı (FDM) Önerilen Delik
M2	0.40 mm	2.2 mm	2.4 mm	2.6 mm	3.8 mm	4.4 mm	2.4 mm	**2.5 mm** (Geniş / Çekme Paylı)
M2.5	0.45 mm	2.7 mm	2.9 mm	3.1 mm	4.5 mm	5.2 mm	2.9 mm	**3.0 mm**
M3 (Standart)	0.50 mm	3.2 mm	3.4 mm	3.6 mm	5.5 mm	6.5 mm	3.4 mm	**3.5 – 3.6 mm**
M4	0.70 mm	4.3 mm	4.5 mm	4.8 mm	7.0 mm	8.2 mm	4.4 mm	**4.6 – 4.7 mm**
M5	0.80 mm	5.3 mm	5.5 mm	5.8 mm	8.5 mm	9.8 mm	5.4 mm	**5.6 – 5.7 mm**
M6	1.00 mm	6.4 mm	6.6 mm	7.0 mm	10.0 mm	11.5 mm	6.5 mm	**6.7 – 6.8 mm**

6. MONTAJ KISITLARI & SERBESTLİK

- **Çakışık (Coincident):**
  İki yüzeyi sıfır aralıkla hizalar (3 serbestlik kısıtlar).
- **Eşmerkezli (Concentric):**
  Silindirik eksenleri çakıştırır (Mil-delik bağlantısı).
- **Teğet (Tangent):**
  Eğri veya kam yüzeylerine teğetsel temas sağlar.
- **Mesafe / Açı Kısıtı (Distance/Angle):**
  Min/Max aralıklarla hareket stroku tanımlar.
- **Montaj Prensibi:**
  Statik gövdeyi mutlaka uzayda sabitleyin (Ground / Fixed).

7. EVRENSEL CAD KISAYOLLARI

İşlem	FreeCAD	Fusion	SOLIDWORKS
Döndür (Orbit)	Shift + Sağ Tuş	Shift + Orta Tuş	Orta Tuş
Kaydır (Pan)	Orta Tuş	Orta Tuş	Ctrl + Orta Tuş
Yeni Eskiz	Yeni Sketch	`C` / `L`	Eskiz Başlat
Katı Yap (Extrude)	`Pad`	`E`	`Extrude Boss`
Ölçülendir	`D` (Constraint)	`D`	`Smart Dimension`

8. DFM: İMALATA UYGUN TASARIM

- **Kalıptan Çıkma Açısı (Draft Angle):**
  Enjeksiyon ve dökümde dikey duvarlara min **1.0° – 2.0°** eğim verin.
- **Eşit Et Kalınlığı Kuralı (Uniform Wall):**
  Ani kalınlık farkları çekme çöküntülerine (sink marks) yol açar.
- **İç Köşe Gerilme Radyüsleri:**
  Keskin iç köşeler gerilme yığılması üretir; min `R ≥ 0.5 × T` uygulayın.
- **Feder (Rib) Kalınlık Oranı:**
  Ana et kalınlığının en fazla %60'ı kadar feder kalınlığı seçin (`t ≤ 0.6 × T`).