BIM-Destekli Sürdürülebilir Mimari Tasarım

10. Uluslararası İnşaatta Kalite Zirvesi

3 Kasım 2022

Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU
www.sayisalmimar.com

Prof. Dr.

Salih Ofluoğlu

www.sayisalmimar.com

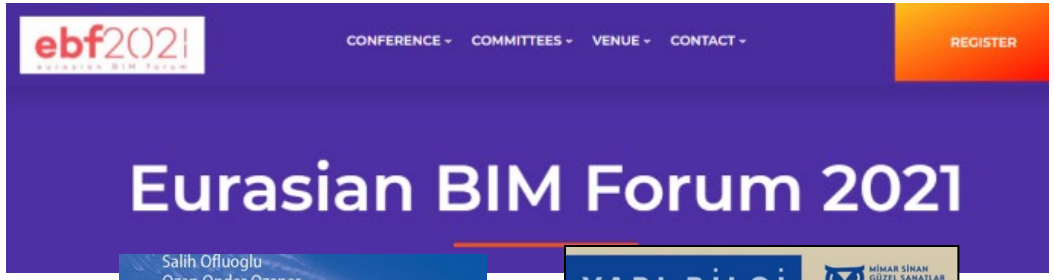
Mimar Sinan Güz. San. Üniv., Enformatik Böl. Bşk.	2014-
Mimar Sinan Güz. San. Üniv., Enformatik Böl.	2001-
Edinburgh Üniv., Birleşik Krallık, Doktora	2001
Penn State Üniv., ABD, Y. Lisans	1995
Harvard Üniv. ABD, Özel Öğrenci	1993
İst. Teknik Üniv. Mimarlık Bölümü, Lisans	1991

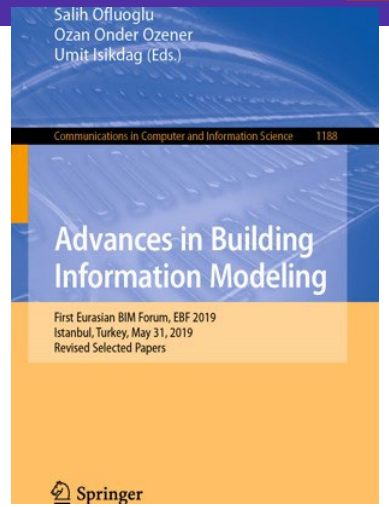
Uzmanlık Alanları:

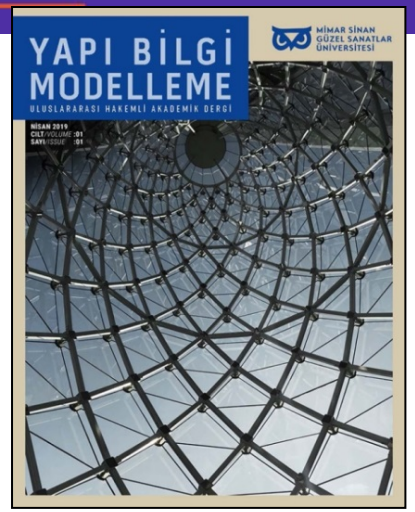
BIM, Sürdürülebilir Tasarım, Performatif Tasarım,
Enerji Etkin Bina, BIM Destekli Tesis Yönetimi

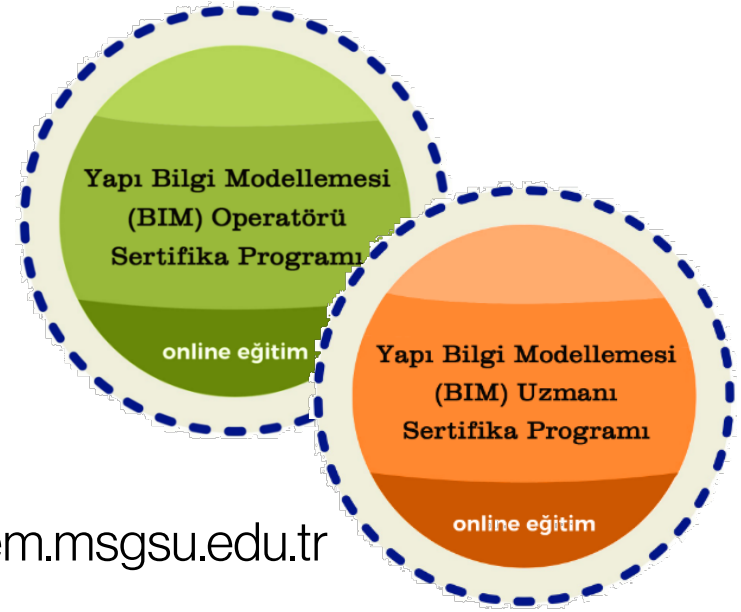
buildingSMART Türkiye

MSGSÜ Enformatik Bölümü ve BIM ile İlgili Çalışmaları



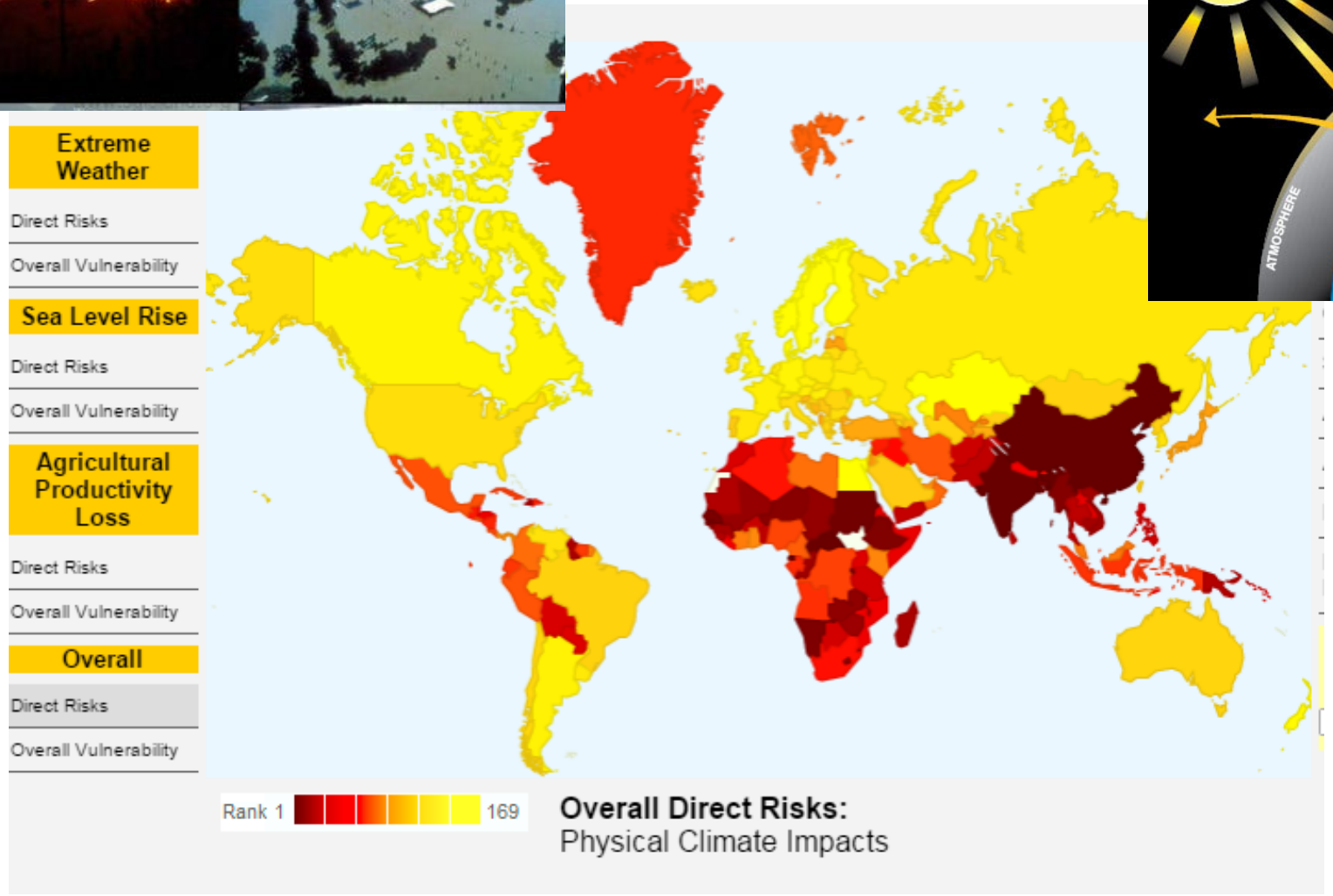




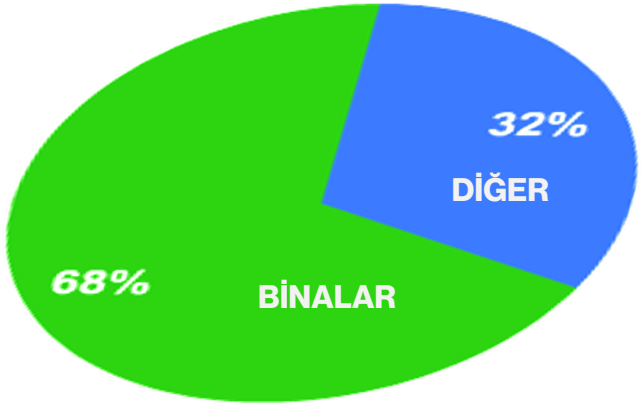


sem.msgsu.edu.tr

- **BIM Uzmanlık Y. Lisans Programı**
- **BIM Sertifika Programları**
- **Eurasian BIM Forum**
- **Ulusal BIM Dergisi**
- **Kitap ve diğer yayınlar**



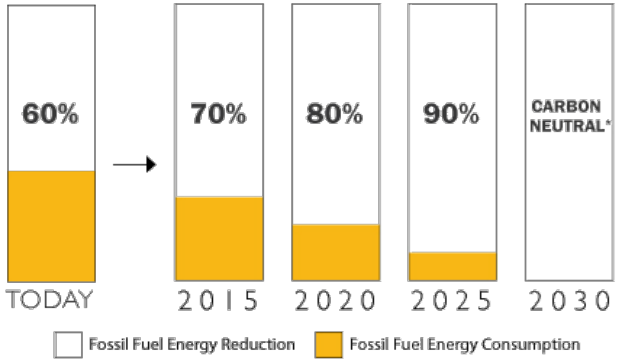
İklim değişikliğinin etkileri (Kaynak: Center for Global Development)



Küresel Global CO^2 salınımı
(Source: International Energy Agency, EIA)

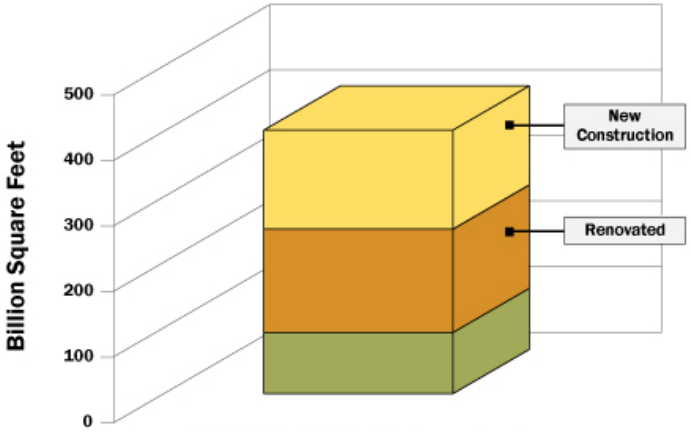
- Yüksek **fosil tabanlı enerji** tüketimi
- Yüksek **karbon salınımı**
- **Sürdürülebilir bina çözümlerine ihtiyaç**

- **AB**
  2050 Enerji Stratejisi:
  Karbon emisyonunu %80-95 düzeyinde azaltma
- **ABD**
  Architecture 2030 Challenge:
  karbon-nötr bina, dönüşüm için bir model
- **Uluslararası Yeşil Bina Sertifika Programları**
- **Türkiye:**
  Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ve
  Zorunlu enerji kimlik belgesi



The 2030 Challenge

Source: ©2010 2030, Inc. / Architecture 2030. All Rights Reserved.
*Using no fossil fuel GHG-emitting energy to operate.



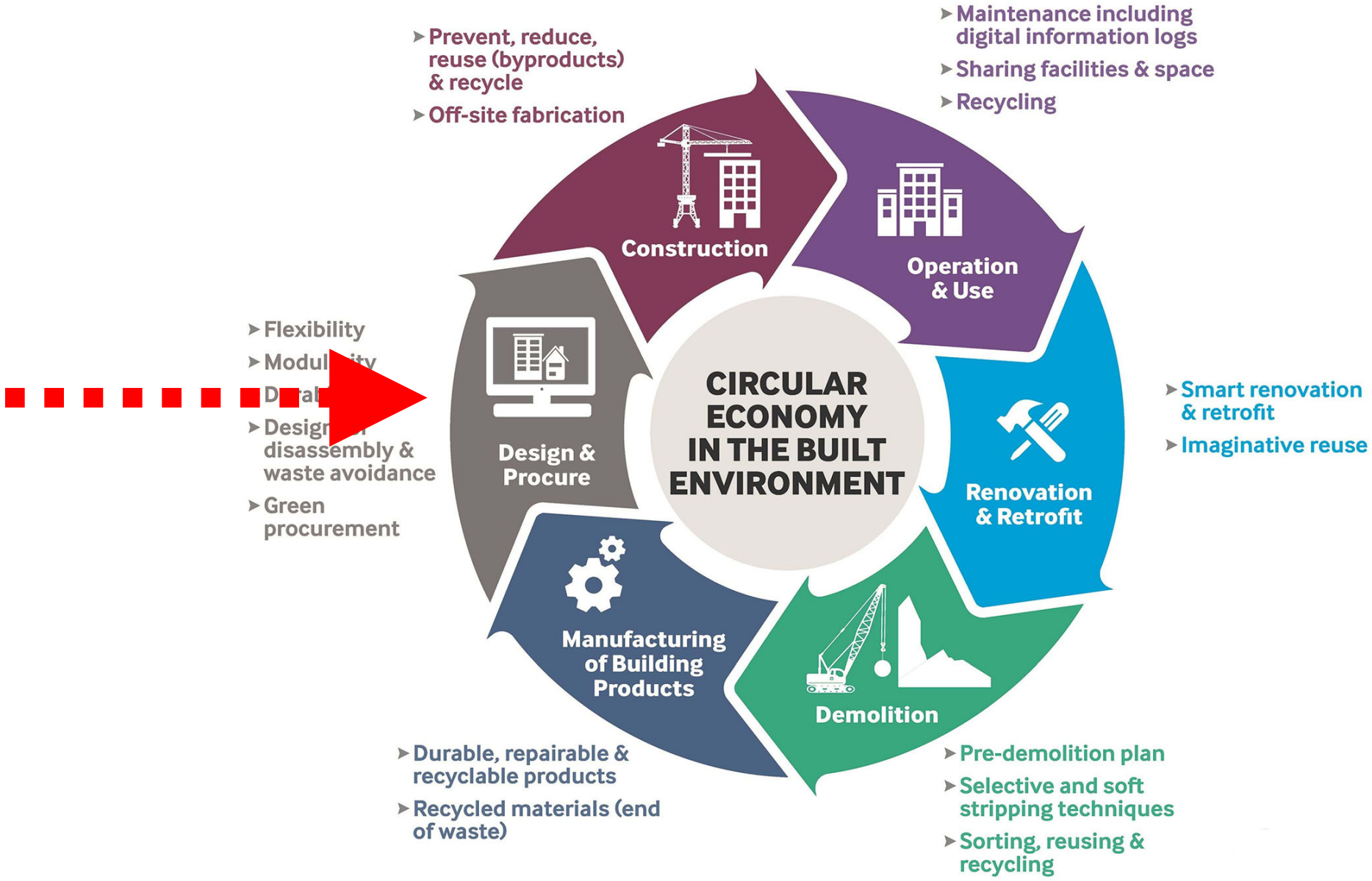
By 2035: A Historic Opportunity

Source: ©2010 2030, Inc. / Architecture 2030. All Rights Reserved.
Data Source: U.S. Energy Information Administration.

Architecture 2030 Challenge

Yeşil bina sertifika programları

Bina Yaşam Döngüsünde Sürdürülebilirlik



Mimarlık pratiğinde sürdürülebilirlik kararlarında süregelen genel eğilimler:

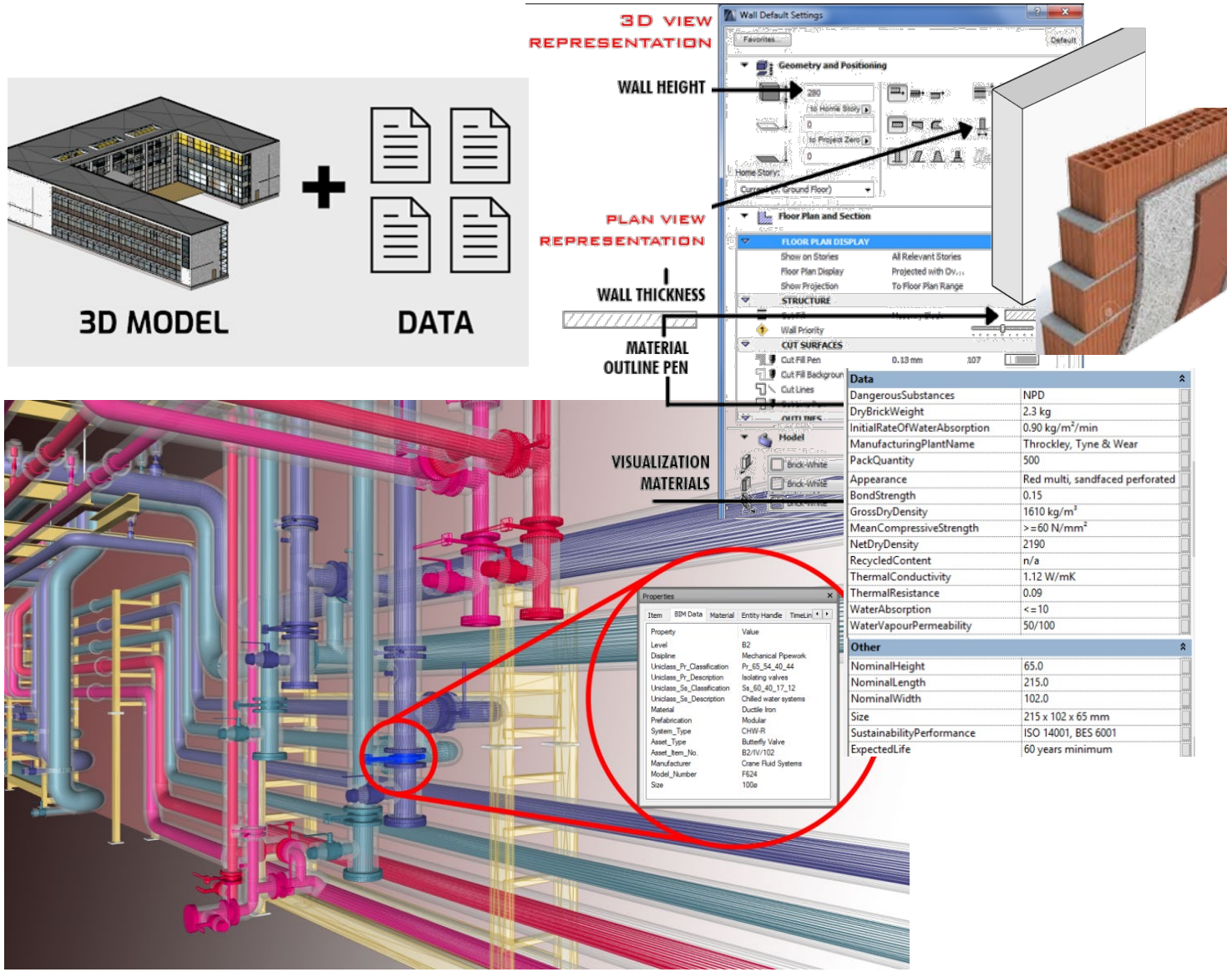
- **Sezgisel, genel bilgilere ve geçmiş uygulamalara** dayalı
- Proje bağlamı (yapılı çevre, topoğrafya, iklim) ve **bina tipolojisini dikkate almayan**

Tasarım

- sürdürülebilirlikle ilgili çoğu kararın alınması gereken evre
- sürdürülebilirlik kararları tasarım süreci boyunca, bina estetiği ile dengeli bir şekilde ele alınır
- varolan yapılarda sınırlı iyileştirmeler yapmak mümkün

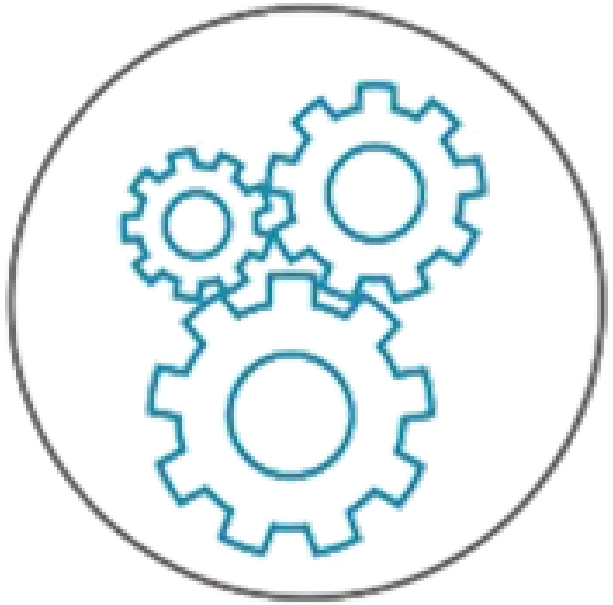
İyi Tasarım =

- Yüksek bina Performansı
- Yüksek kullanıcı konforu + verimli çalışabilme
- Düşük işletim maliyeti sağlar.



BUILDING INFORMATION BIM MODELING MODEL MANAGEMENT

- **BIM= Yapı + Varlık**
  sayısal protip
- **3B Bilgi modeli**
  grafik ve alfa-numerik veri
- **İnşaat faaliyetinin iki kez (sanal** ve **gerçek) gerçekleşmesi** ve belirsizliklerin azaltılması



Enabling Technologies

Ancient and prehistorical eras

- Mechanics: Established by Archytas
- Glasses: Allowed visually impaired p
- Ceramics: Artificial material created b
- The Plow: Farming tool that allowed
- Gunpowder: Revolutionized warfare

Classical era [edit]

- The Printing Press revolutionized the
- The Telescope: Allowed for more det
- Refrigeration: Allowed for human cor
- Mariner's compass: Allowed sailors t

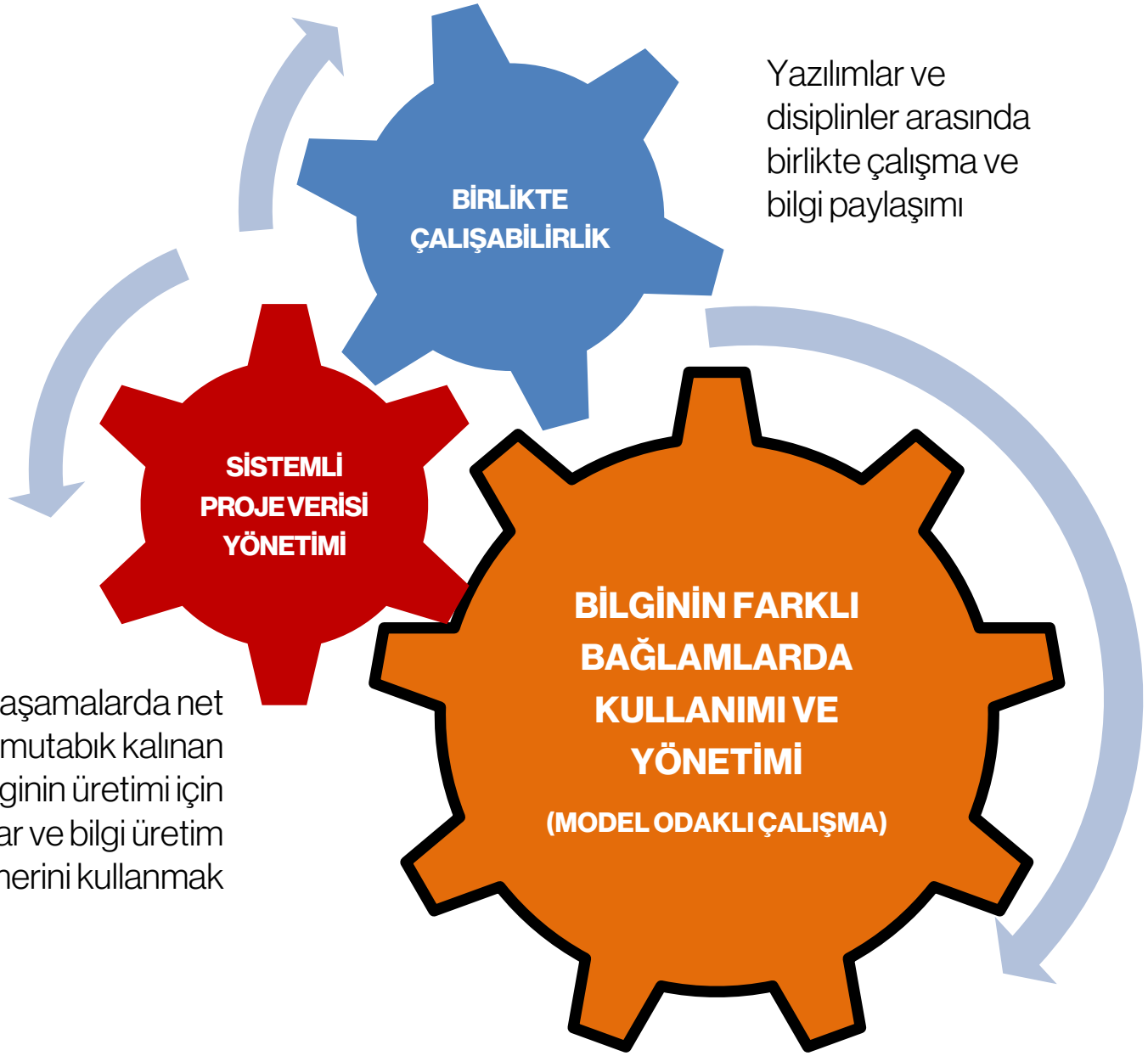
Modern era [edit]

- Manufacturing: The rapid creation of
- Reinforced Concrete: Allowed for the
- Elevator: Allowed buildings to be buil
- Steam engine: The stationary steam
- Electric Motor: Machine that converts
- Incandescent light bulb: Invented by
- Rechargeable Battery: Created the o
- Ballpoint Pen: Created a way to write
- Bessemer process: Revolutionized th
- Telephone: Alexander Graham Bell ir
- FM radio: allowed for the transmissio
- Internal Combustion Engine: The ste
- Anesthetics: Allowed for more seriou
- Flight: Revolutionized travel and tran
- Personal Computer: Allowed for extre
- Internet: The Internet has enabled ne
- Cloud Computing: Allowed for afford
- Interseasonal thermal energy storag

- **Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) inşaat sektöründe dijitalleşme** ve **üretkenliği** arttırması beklenen **<u>kolaylaştırıcı</u> bir teknoloji** veya **iş yapma yöntemidir.**

- Kolaylaştırıcı teknolojiler **iş yapma yöntemlerinde** önemli **değişimlere** yol açar.

- Proje süreci son ürünü olan Yapı üretiminin başarısı için paydaşların **bilgiye dayalı olarak doğru kararlar** almasına ve sistemli olarak **birlikte çalışabilmesini** sağlar.

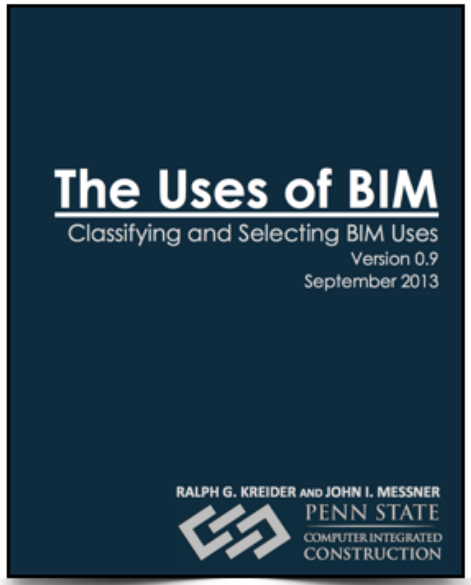


Yazılımlar ve disiplinler arasında birlikte çalışma ve bilgi paylaşımı

Tanımlı aşamalarda net ve mutabık kalınan bilginin üretimi için standartlar ve bilgi üretim yöntemerini kullanmak

Bilgi ile karar vermek için modele gömülen bilgiyi farklı bağlamlarda kullanmak

Bilgiye Dayalı Karar Verme: Model Odaklı Bilginin farklı bağlamlarda kullanımı)



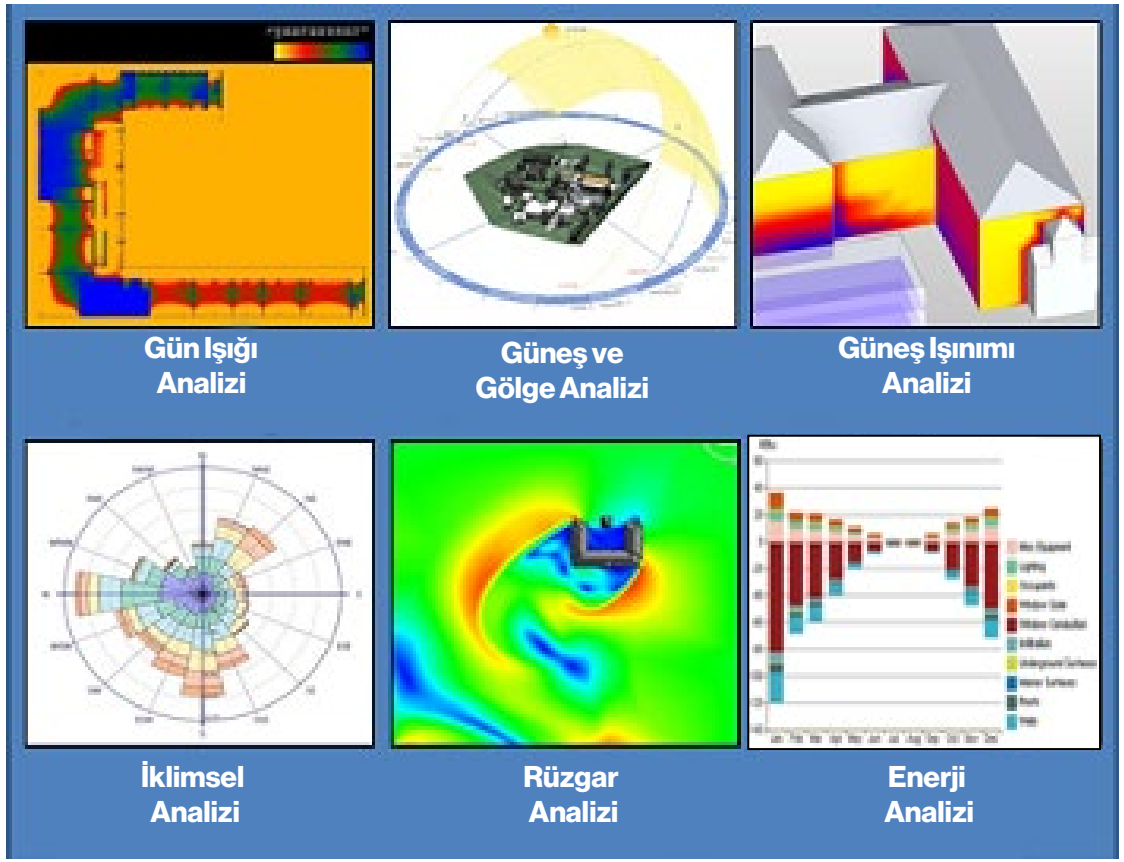
The Uses of BIM

- **Model odaklı Kooordinasyon (3B)**
  - **Model odaklı Zaman (4B) ve Maliyet (5B) Planlama**
    - **Model odaklı Analizler (6B)**
      - **Model odaklı Tesis Yönetimi (7B)**
        - **Model odaklı İş Güvenliği Yönetimi (8B)**
          - **Model odaklı Yapım/Şantiye Yönetimi**
            - **Model odaklı Yeniden İşlevlendirme ve Yıkım**

← tasarım-yapım-işletme süreçlerinin simülasyonu →

Bilgiye Dayalı Karar Verme:

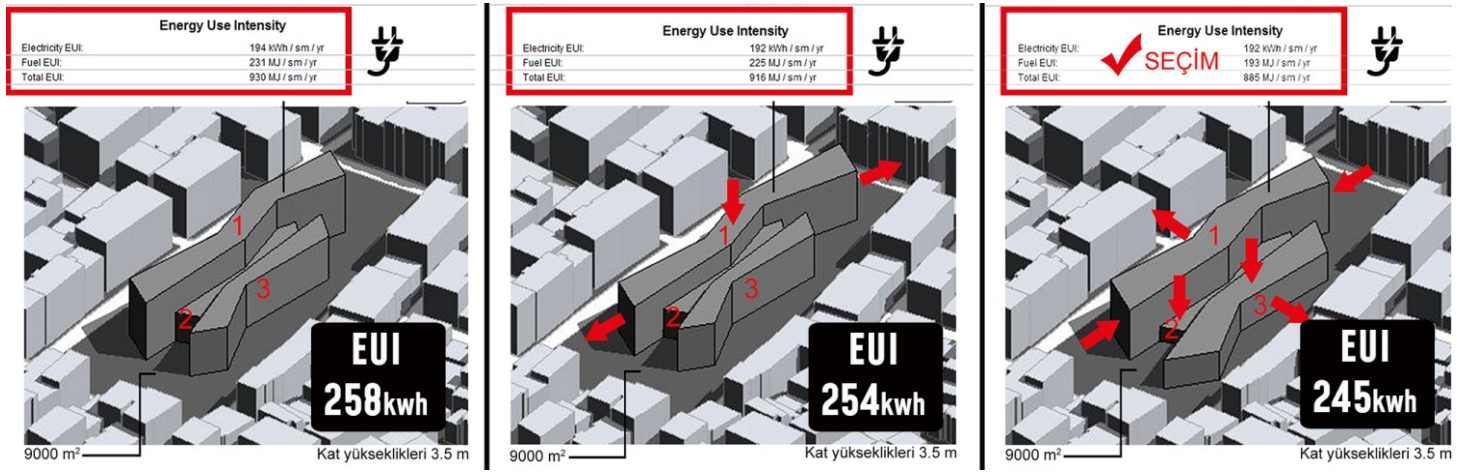
Model Odaklı Sürdürülebilirlik Analizleri



Sık kullanılan bazı performans analizi tipleri. Autodesk

Bina Performans Analizleri

- BIM'den üretilebilir
- Binanın **çevresel etkilere** ve **sürdürülebirlik kriterleri** tepkisini simüle eder
- Tasarım kararları **gerçek zamanlı** olarak test edilip geliştirilebilir

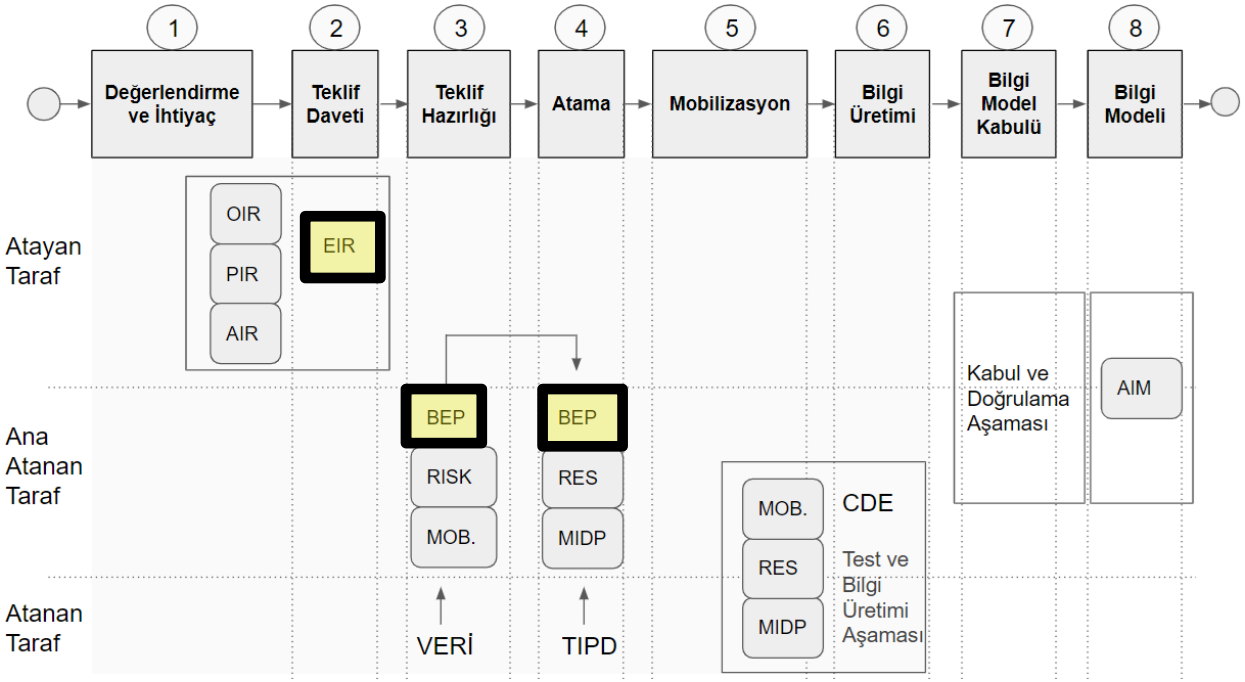


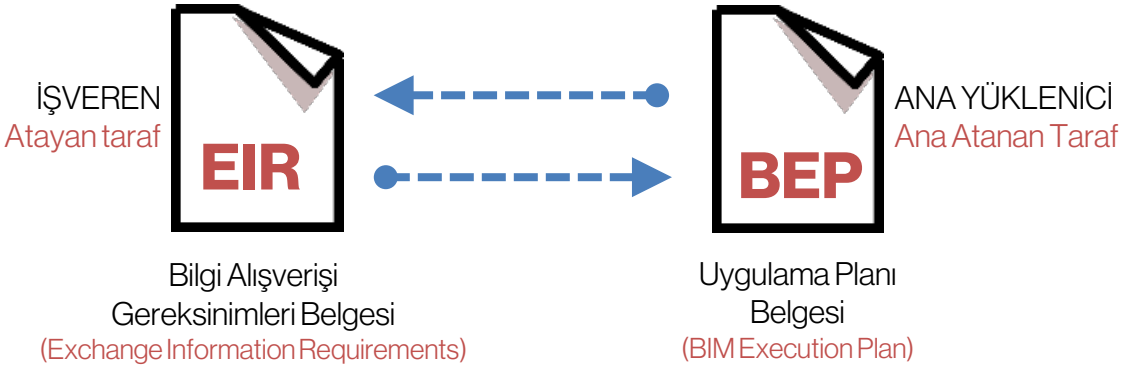
Yapı Bilgi Modellemesi Tasarım ve inşaat süreçlerinde bir **deney laboratuvarı** görevi üstlenir ve **yaparak öğrenme ortamı** sunar.

Kırmızı: Kötü Enerji Performansı / Turuncu: Ashrae 90.1 metrik değerleri
Yeşil: Architecture 2030 metrik değerleri / Yeşil (kırmızı): Net Sıfır metrik değerleri

ISO 19650 Standardı ve Müşteri Odaklı Çalışma

- BIM ile yapılı bir varlığın (bina) tüm yaşam döngüsü boyunca **bilgi yönetimi için konsept ve ilkeleri belirleyen** bir uluslararası **standarttır**. Geçmiş iyi uygulamalar (good practices) ve standartların üzerine inşa edilmiştir.
- ISO19650 **işveren/müşterinin isteklerini ön plana çıkaran** projede **entegre yönetim imkanı veren** bir yaklaşım sunar.
- Proje verisinin ortak bir konumdan, tanımlı kurallarla yönetimini (**CDE**) önererek **ortak bir dilin konuşulmasını sağlar.**



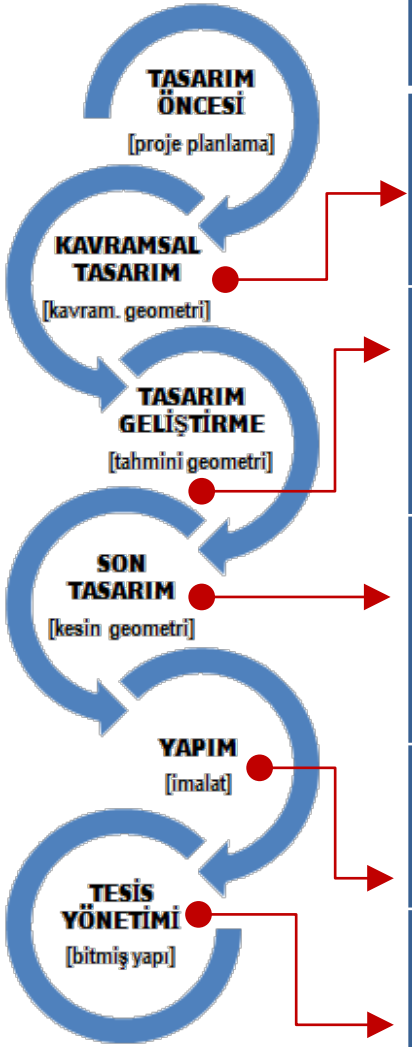


BIM UYGULAMA PLANI
Penn. State Üniversitesi

X	PLAN	X	DESIGN	X	CONSTRUCT	X	OPERATE
	PROGRAMMING		DESIGN AUTHORING		SITE UTILIZATION PLANNING		BUILDING MAINTENANCE SCHEDULING
	SITE ANALYSIS		DESIGN REVIEWS		CONSTRUCTION SYSTEM DESIGN		BUILDING SYSTEM ANALYSIS
			3D COORDINATION		3D COORDINATION		ASSET MANAGEMENT
			STRUCTURAL ANALYSIS		DIGITAL FABRICATION		SPACE MANAGEMENT / TRACKING
			LIGHTING ANALYSIS		3D CONTROL AND PLANNING		DISASTER PLANNING
			ENERGY ANALYSIS		RECORD MODELING		RECORD MODELING
			MECHANICAL ANALYSIS				
			OTHER ENG. ANALYSIS				
			SUSTAINABLITY (LEED) EVALUATION				
			CODE VALIDATION				
	PHASE PLANNING (4D MODELING)		PHASE PLANNING (4D MODELING)		PHASE PLANNING (4D MODELING)		PHASE PLANNING (4D MODELING)
	COST ESTIMATION		COST ESTIMATION		COST ESTIMATION		COST ESTIMATION
	EXISTING CONDITIONS MODELING		EXISTING CONDITIONS MODELING		EXISTING CONDITIONS MODELING		EXISTING CONDITIONS MODELING

Hangi performans analizlerinin, hangi evrede yapılacağı genellikle **BIM uygulama planlarında** yer alır.

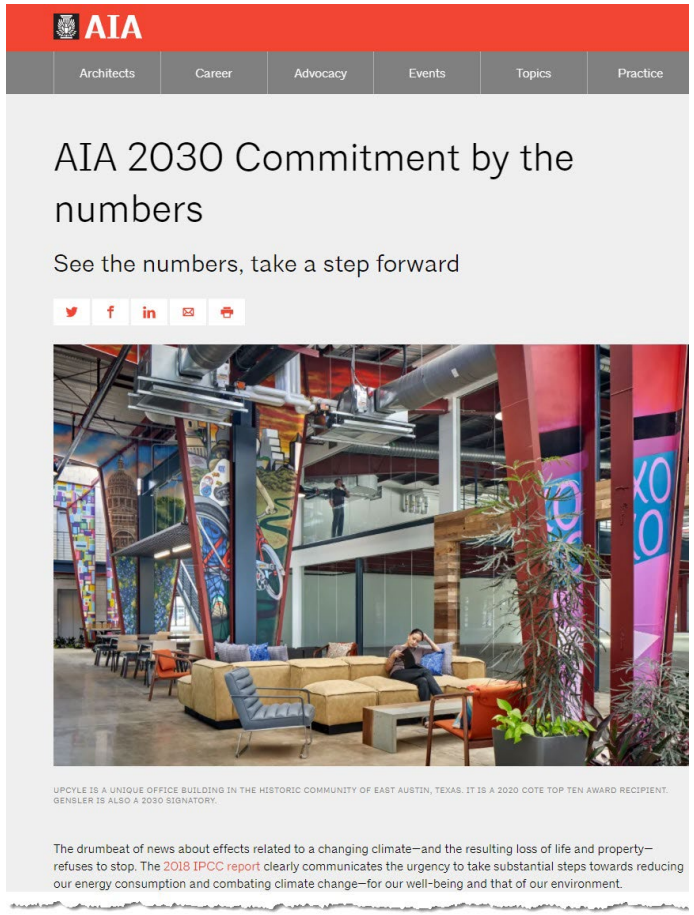
Bina Performans Analizlerinin gerekliliği



Detay Seviyeleri ve Veri İçerikleri	
LOD 100	**KAVRAMSAL TASARIM:** Tasarımın en erken konsept evresidir. Model elemanları 2B ve 3B kütlesel biçimler, 2B semboller ve yazılı kısa notlardan oluşur.
LOD 200	**TASARIM GELİŞTİRME:** Kavramsal tasarımın geliştirildiği aşamadır. Modellenen elemanlar sayı, boyut, konum, ve yönlenme açısından tahmini olarak tanımlanmıştır.
LOD 300	**SON TASARIM:** Tasarımın en geç evresidir. Modellenen elemanlar spesifik sistemleri, sayı, boyut, biçim, konum, ve yönlenme açısından hemen hemen kesinlik kazanmışlardır.
LOD 400	**YAPIM:** Yapının inşaat sürecidir. LOD 300 model bilgisine imalat, birleştirim ve kurulumla ilgili detaylar eklenmiştir.
LOD 500	**TESİS YÖNETİMİ:** Yapının işletime açıldığı evresidir. Model elemanları bitmiş durumu yansıtacak şekilde güncel olmalıdır.

yapı formu, tipolojisi, iklimsel veri

malzemelemenin gercek ısı (U/R) ışık, akustik, yanıcılık sınıfı değerleri v.b.

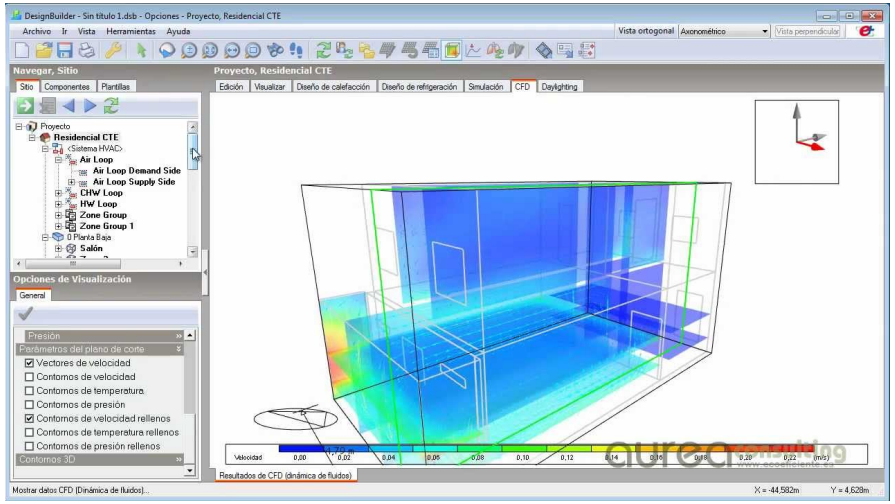


- Analiz modellerinden **enerji modelleme** mimari **tasarım sürecine erken entegre edilmeli** ve **tasarımla birlikte güncellenmesi önerilir.**
- Enerji analiiz süreciyle beraber tasarlanan binalar **daha az enerji tüketmektedir**.

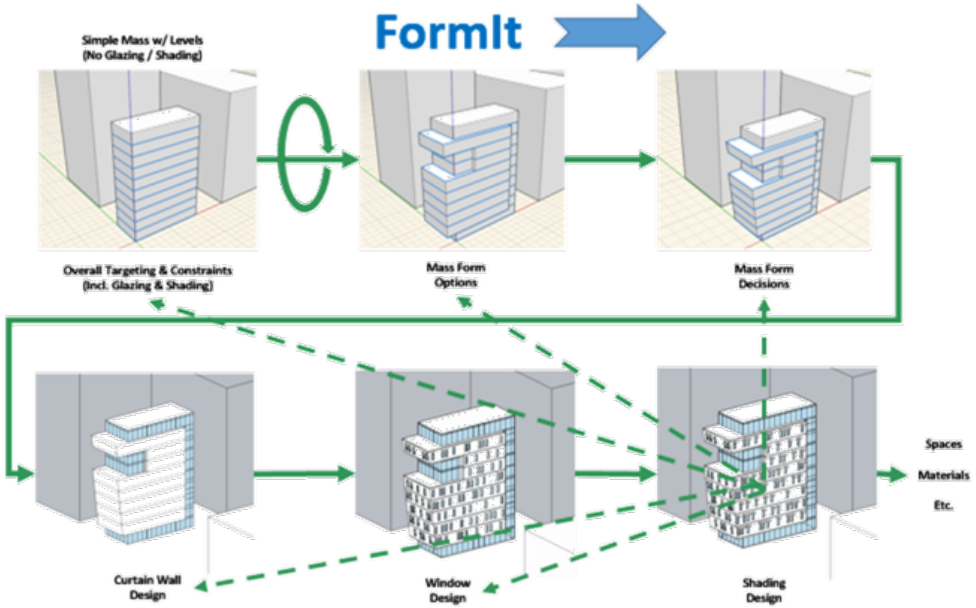
Bina performans analizlerini (BPA) kullanarak tasarım kararlarını geliştirmek için takip edilen tasarım yaklaşımına **performatif tasarım** veya **performansa dayalı tasarım** denilmektedir.

Temel prensipler: ➔

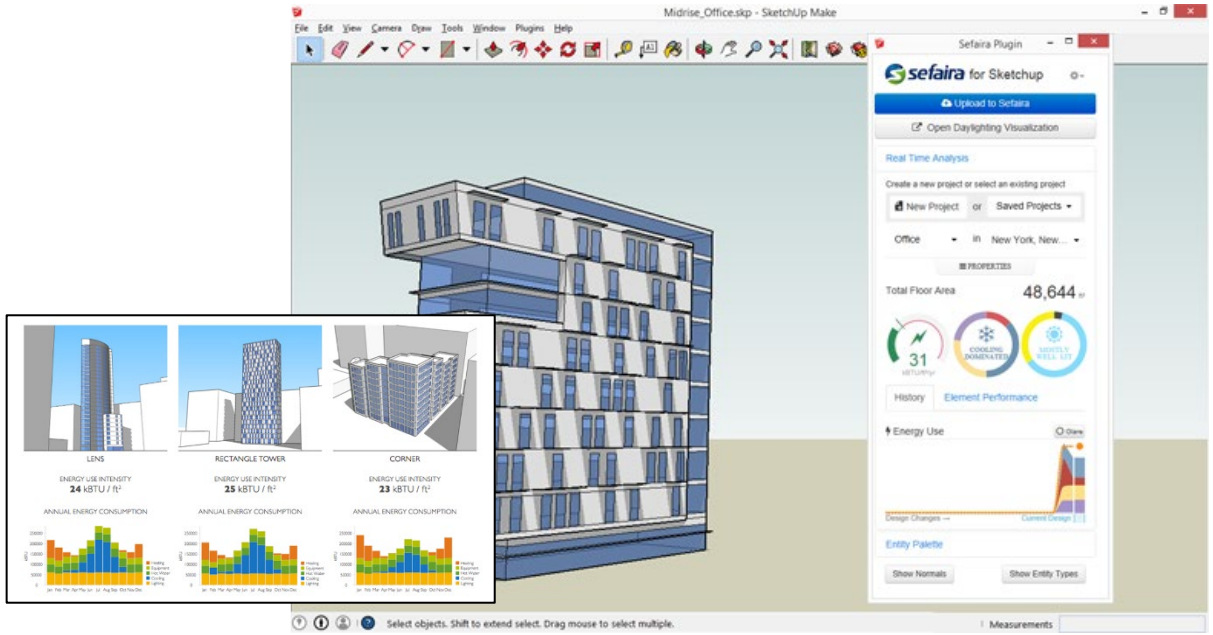
1. **Mimari sürdürülebilirlik ilkelerini temel alma**
2. **Sayısal/Ölçülebilir veriler ile karar verme**
3. **Simülasyonlarla gerçek zamanlı analiz sonuçları üretme**



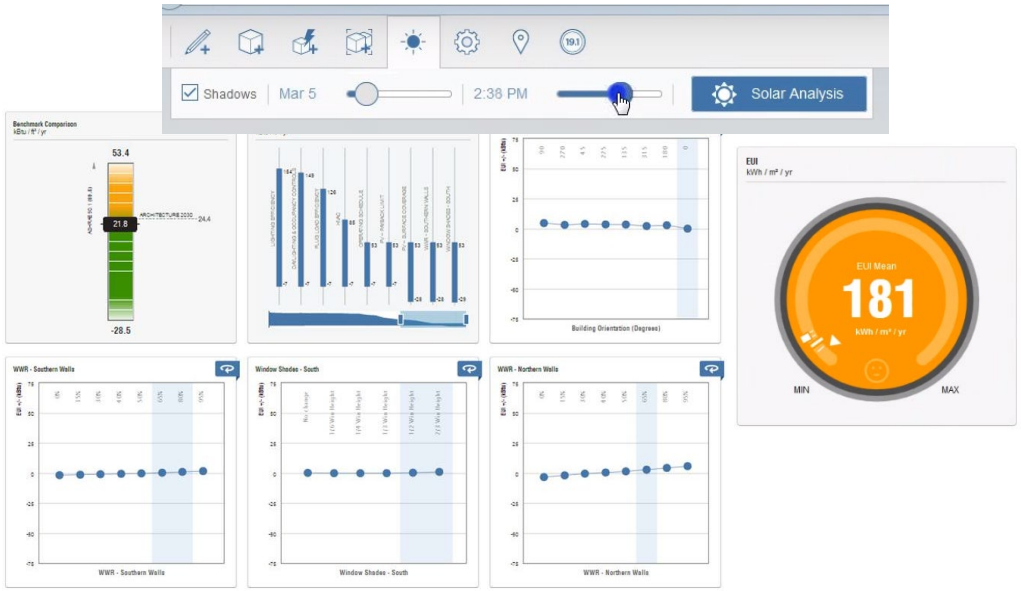
DESIGN BUILDER



REVIT/FORMIT➔INSIGHT 360



SKETCHUP/REVIT➔SEFAIRA



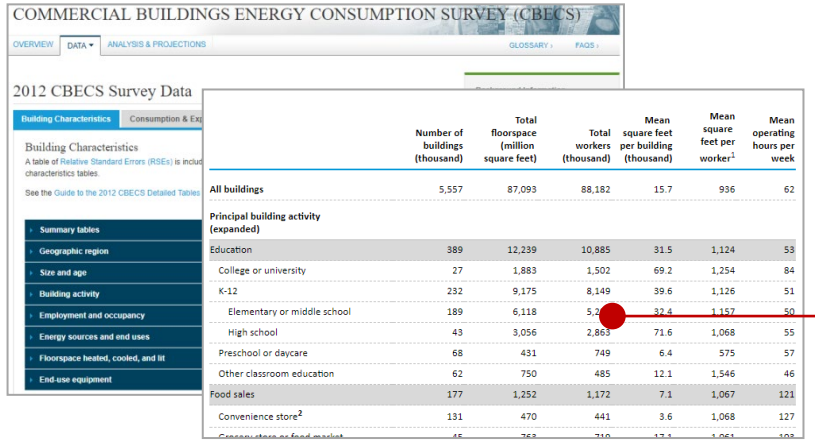
Kavramsal Tasarım

Bina ile ilgili **temel biçim ve yerleşim** kararlarının denenerek alındığı tasarımın **erken aşamasıdır**.

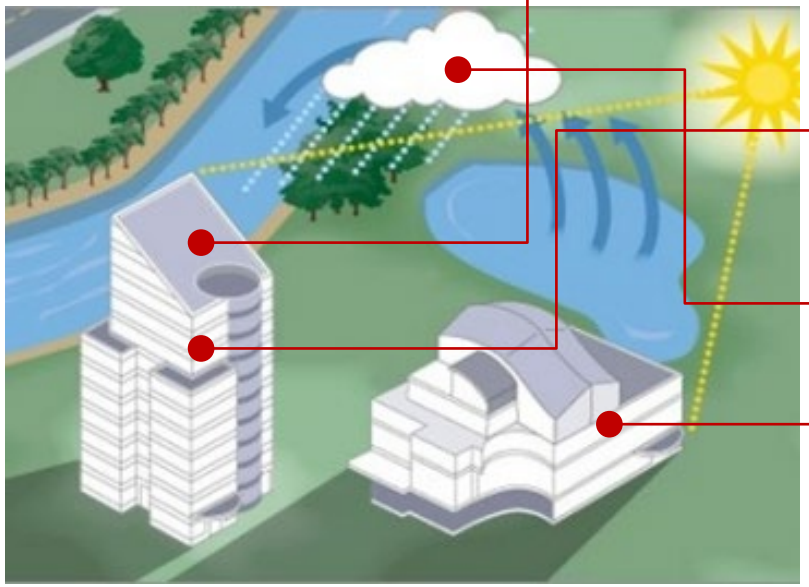
Tüm tasarım evrelerinde takip edilen **üst seviye kararları** bu evrede alınır.

eia Independent Statistics & Analysis U.S. Energy Information Administration

ASHRAE AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS



	Number of buildings (thousand)	Total floorspace (million square feet)	Total workers (thousand)	Mean square feet per building (thousand)	Mean square feet per worker[1]	Mean operating hours per week
All buildings	5,557	87,093	88,182	15.7	936	62
Principal building activity (expanded)						
Education	389	12,239	10,885	31.5	1,124	53
College or university	27	1,883	1,502	69.2	1,254	84
K-12	232	9,175	8,149	39.6	1,126	51
Elementary or middle school	189	6,118	5,2	32.4	1,157	50
High school	43	3,056	2,863	71.6	1,068	55
Preschool or daycare	68	431	749	6.4	575	57
Other classroom education	62	750	485	12.1	1,546	46
Food sales	177	1,252	1,172	7.1	1,067	121
Convenience store[2]	131	470	441	3.6	1,068	127



BPA verisi

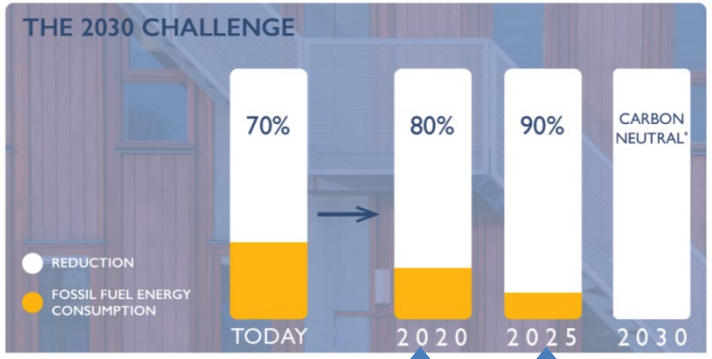
- Bina tipine bağlı işletim ve konfor verileri/standartları
  COMMERCIAL BUILDINGS ENERGY CONSUMPTION SURVEY (CBECS)
- Bina geometrisi,
- Cephe elemanları ve cephe boşluk-doluluk oranları (KAVRAMSAL)
- Binanın bulunduğu bölge için yerel iklim verileri,
- Çevre topoğrafya ve yapılaşma

+ Malzeme seçimleri

Tasarımda Sürdürülebilirlik Hedefleri

HEDEF BELİRLE → TASARLA & MODELLE → ANALİZ ET → SONUÇLARI KIYASLA

TASARIMI OPTIMIZE ET



- **Sıfır enerjili veya yüksek performanslı bir bina tasarlamak**
- **Bu süreçte tasarımı sürdürülebilirlik analizleri ile geliştirmek**

U.S. Average Site Energy Use and 2030 Challenge Energy Reduction Targets by Space/Building Type (CBECS 2003)[1]

From the Environmental Protection Agency (EPA): Use this chart to find the site fossil-fuel energy targets.

Primary Space/Building Type [2]	Available in Target Finder [3]	Average Source EUI [4] (kBtu/Sq.Ft./Yr)	Average Percent Electric	Average Site EUI [4] (kBtu/Sq.Ft./Yr)	2030 Challenge Site EUI Targets (kBtu/Sq.Ft./Yr) 50% Target	60% Target	70% Target	80% Target	90% Target
Administrative/Professional & Government Office	✓								
Bank	✓								
Clinic/other outpatient health		210	76%	84.3	42.1	33.7	25.3	16.8	8.4
College/university (campus-level)		280	63%	120	**60**	48	36	24	12
Convenience store (with or without gas station)		753	90%	241.4	**120.7**	96.6	72.4	48.3	24.1
Distribution/shipping center		90	61%	44.2	**22.1**	17.7	13.3	8.8	4.4
Fast food		1306	64%	534.3	**267.2**	213.7	160.3	106.9	53.4
Fire station/police station		157	56%	77.9	**39.0**	31.2	23.4	15.6	7.8
Hospital/inpatient health	✓								

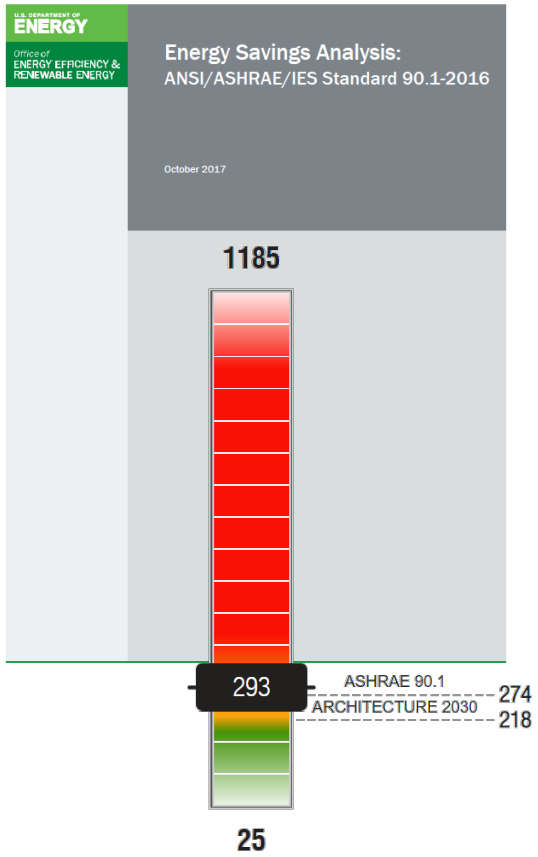
1 kBtu/ft² 3.15 kwh/m²

CBECS 2003 + Architecture 2030

COMMERCIAL BUILDINGS ENERGY CONSUMPTION SURVEY

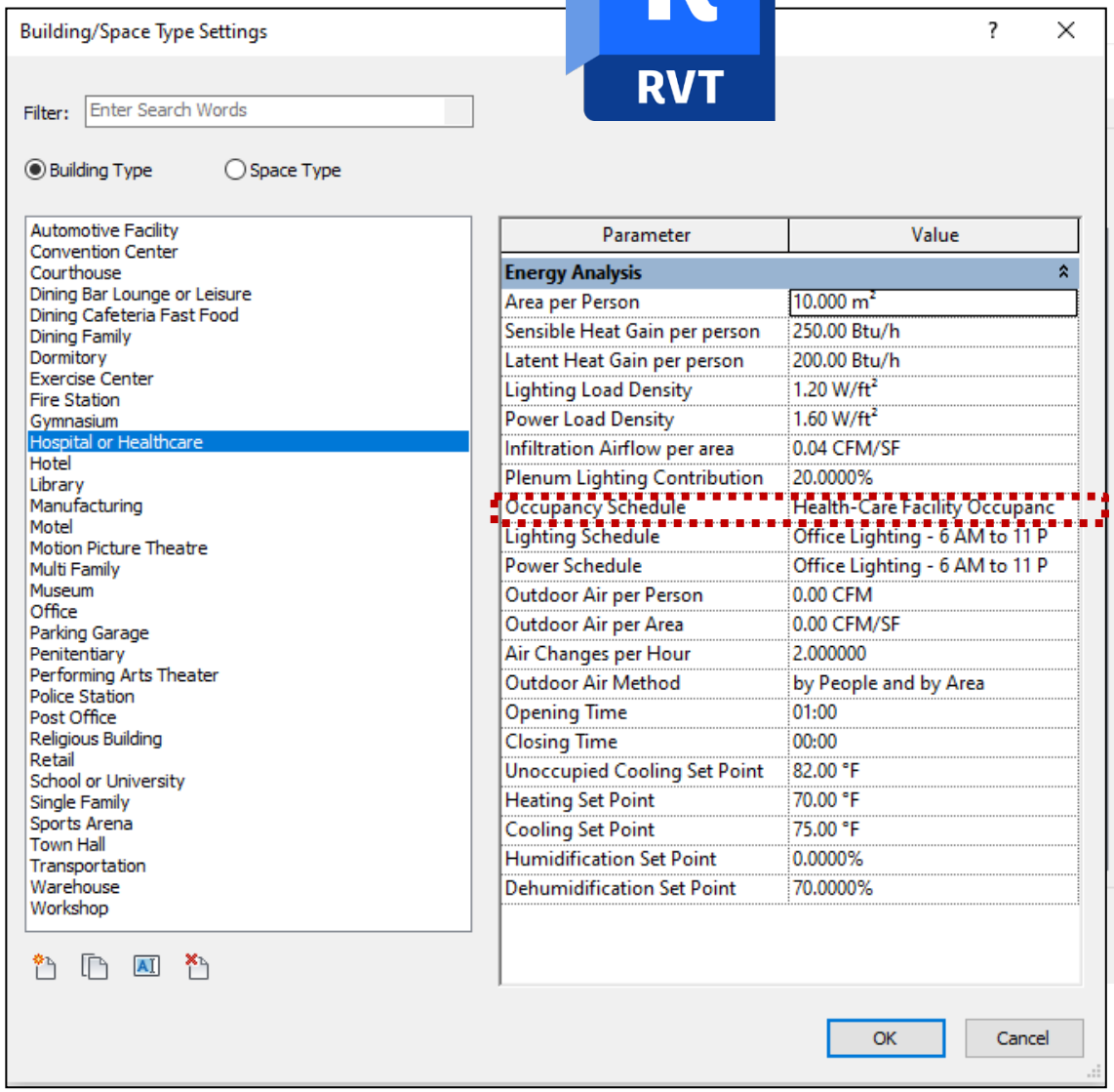
BİNA TİPİNE GÖRE ENERJİ KULLANIMI ve ARCHITECTURE 2030 ENERJİ TASARRUF HEDEFLERİ

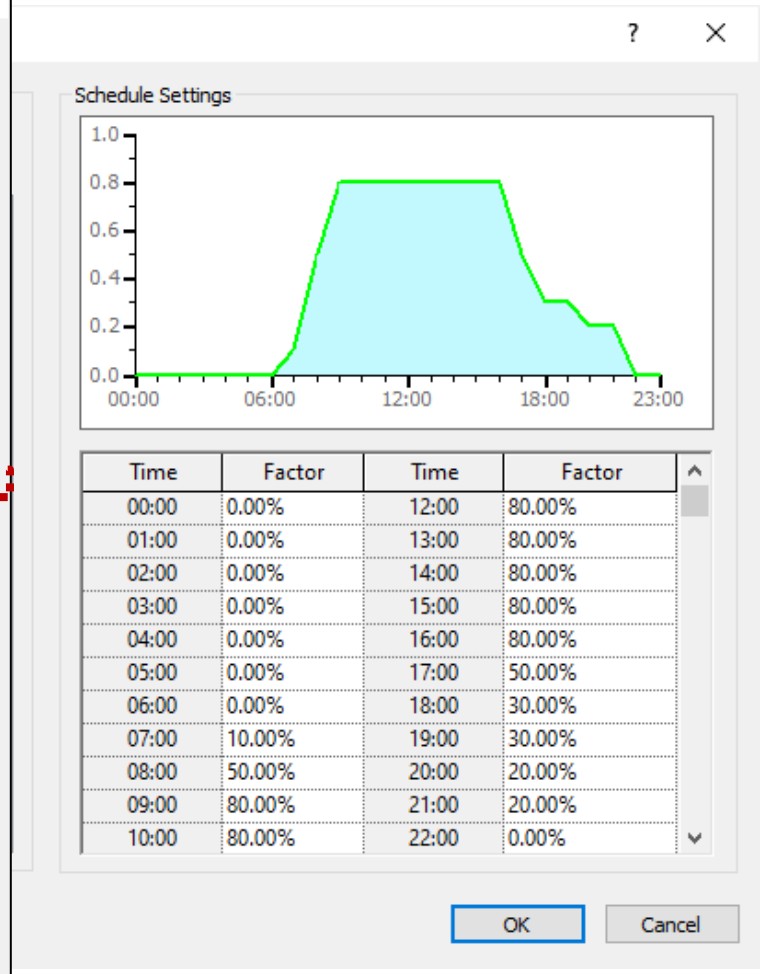
378 kwh/m2 | 75.6 kwh/m2 | 37.8 kwh/m2



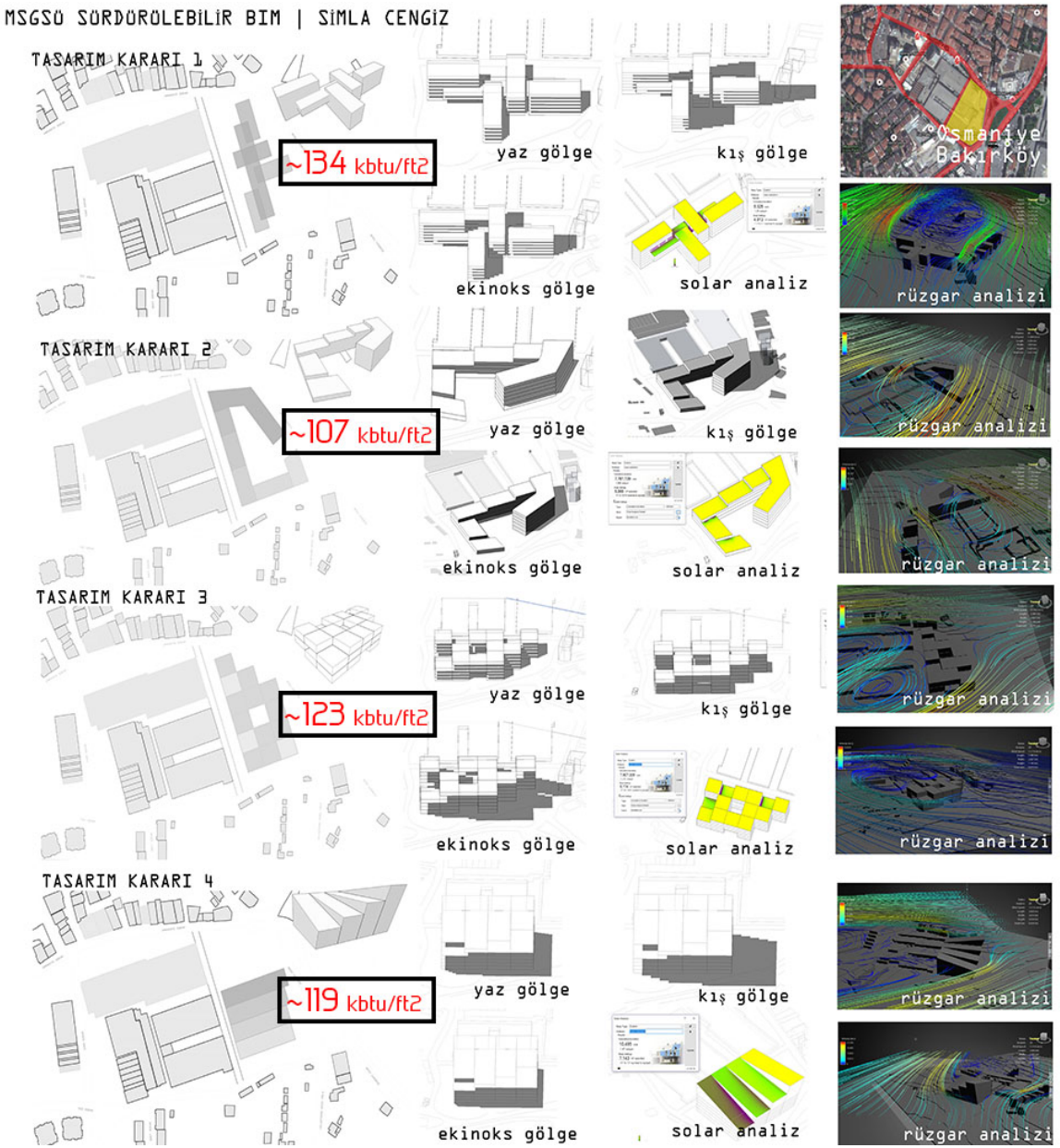
Preliminary Energy Savings Analysis ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2016

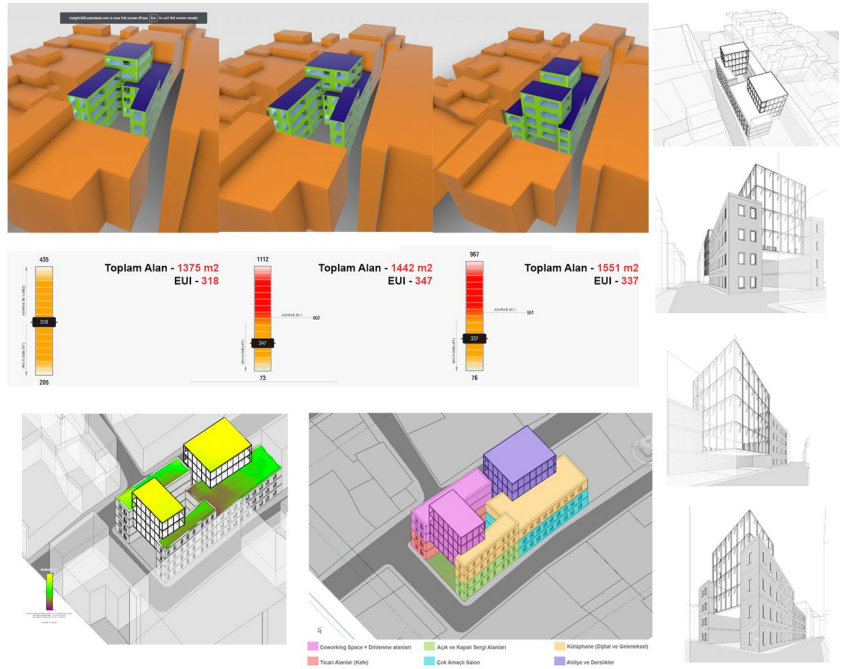
Manage➔MEP Settings➔Building/Space Type Settings

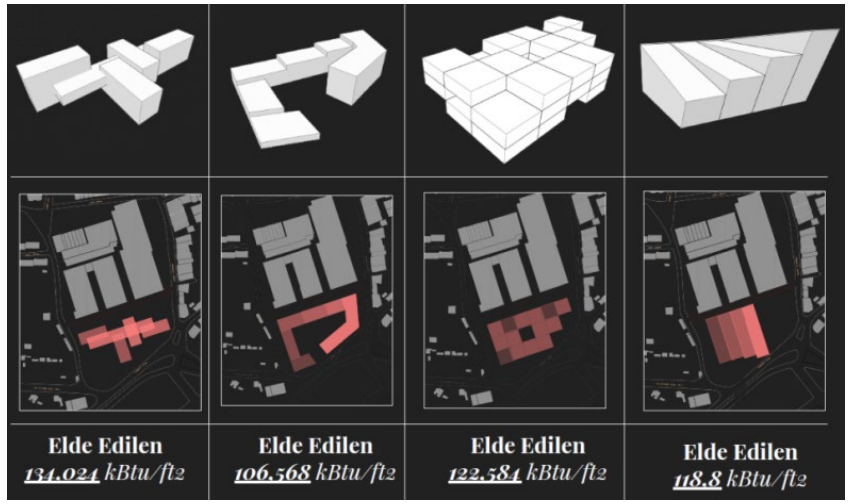




Tasarım ve BPA verisi

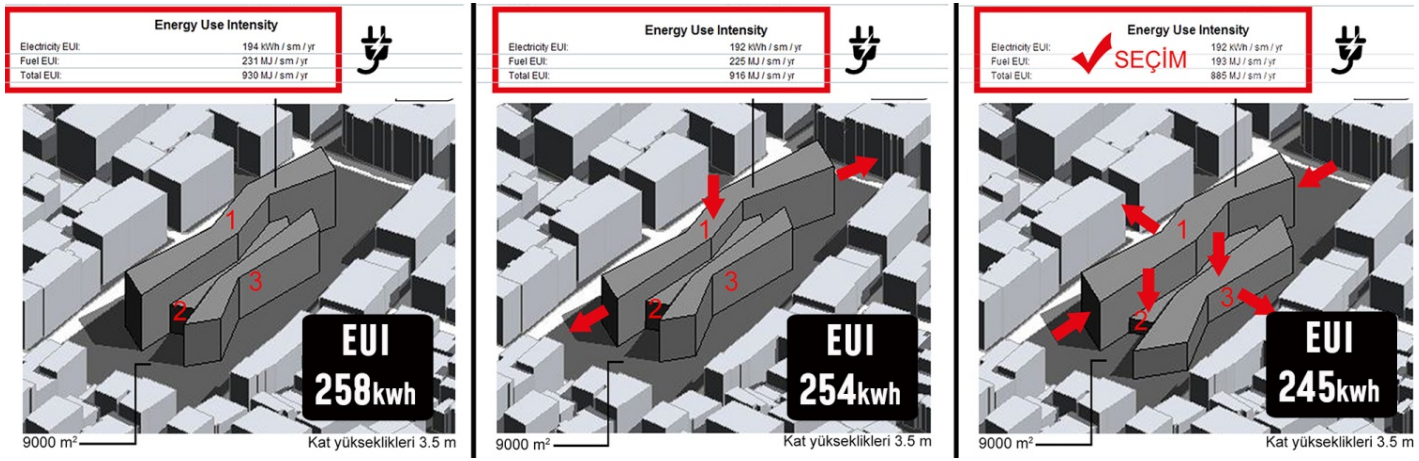




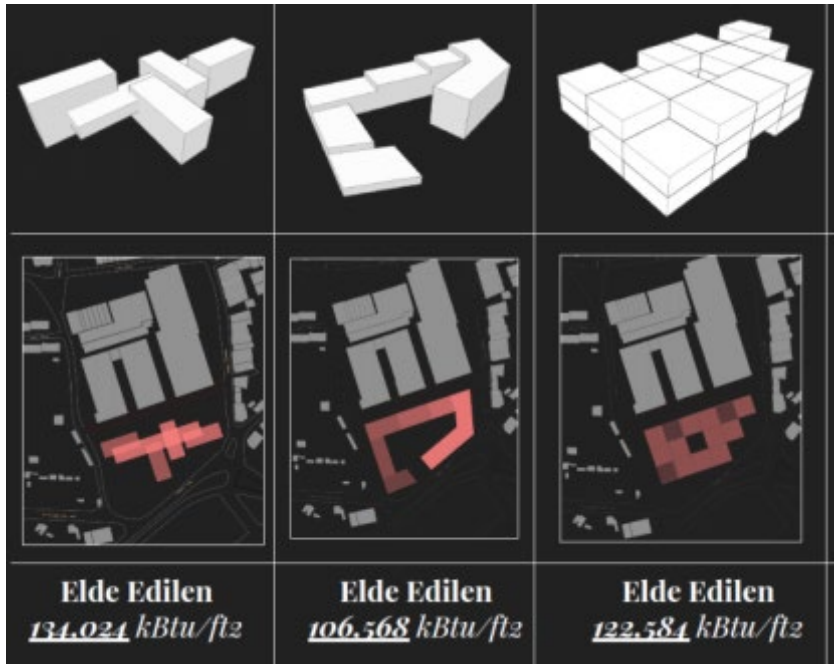


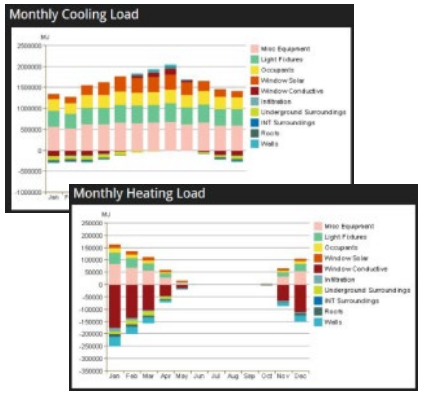
- Yapı içinde **ısının hareketi, ısı geçişi** ile ilgili temel bilgiler, **malzemelerin ısısal özellikleri** (U ve R faktörü)

- Bina **ısıtma/soğutma** enerji ihtiyacına etki eden faktörler: **Dış yükler** (güneş, hava akımı, nem) ve **İç yükler** (insanlar, ekipmanlar, aydınlatma)



1



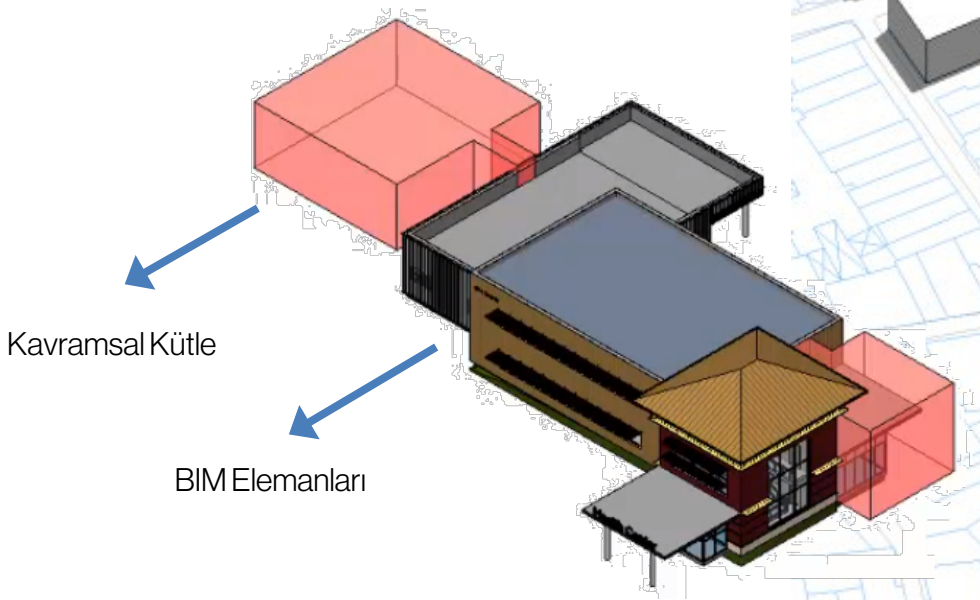


Alternatif tasarım önerileri ve enerji tüketimleri

Öğrenci Çalışmaları: 1. T. Bacaksız 2. S. Cengiz

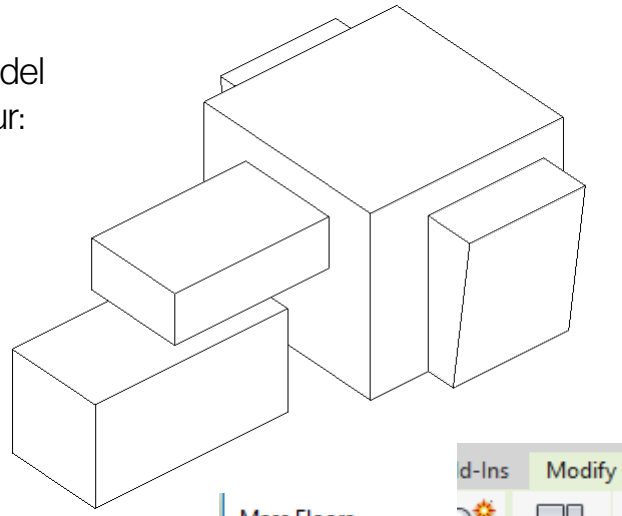
2

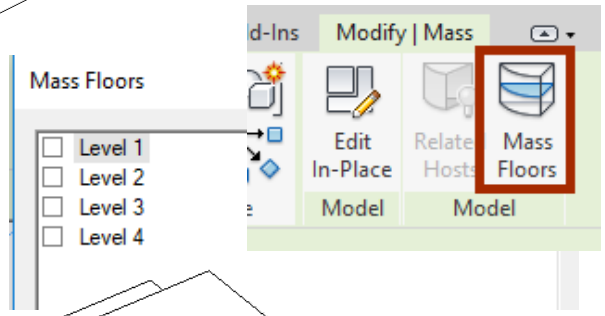
Kütle Modeli (Mass Model)
En az detaylı (LOD100)
modelleme şeklidir; yüzeylerden (surface modeling) oluşan **kavramsal kütlelerin** yaratılmasında kullanılır.



Mass model oluşturulur:

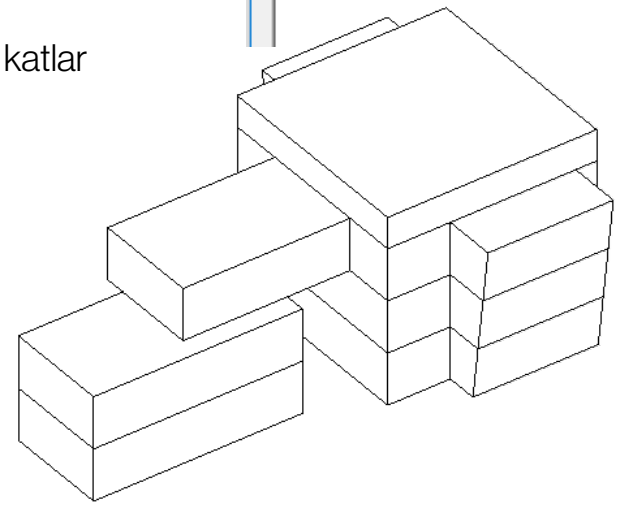
1

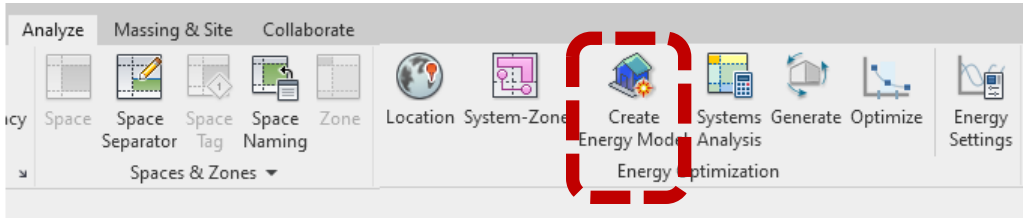




Modele katlar eklenir

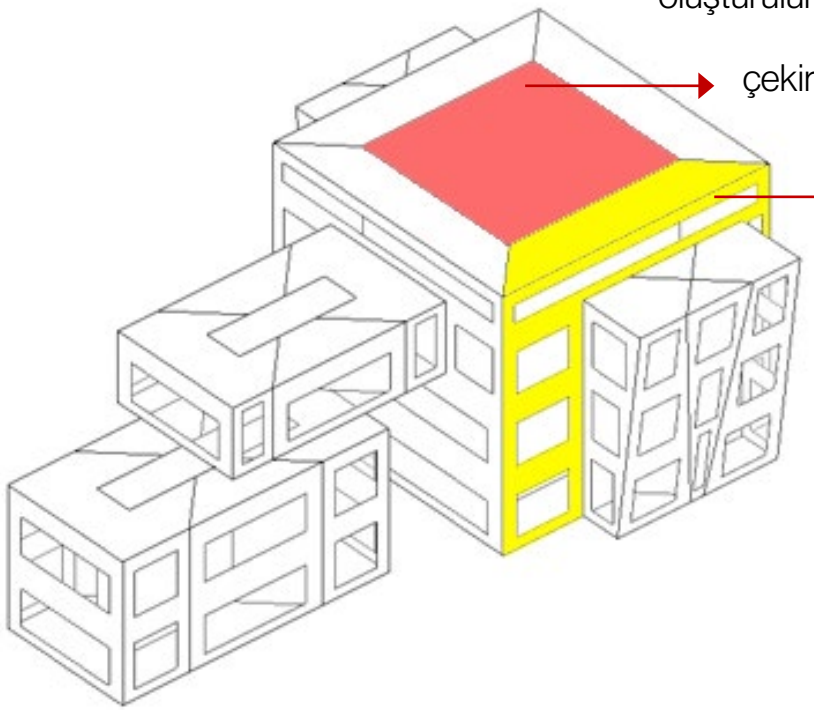
2

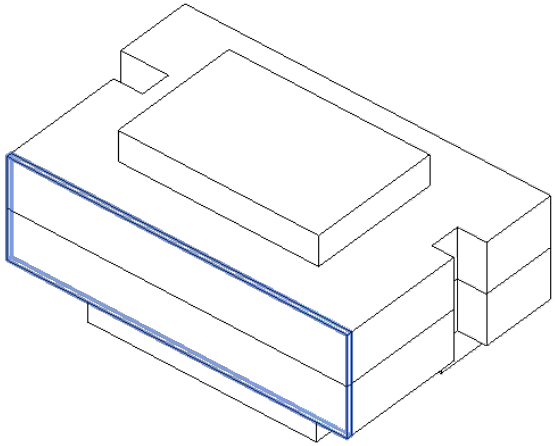




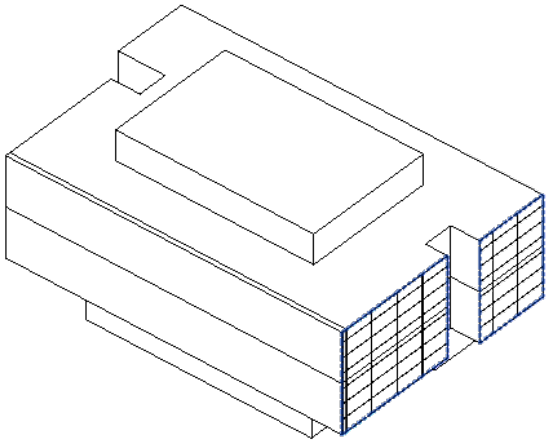
3

Analitik Model oluşturulur

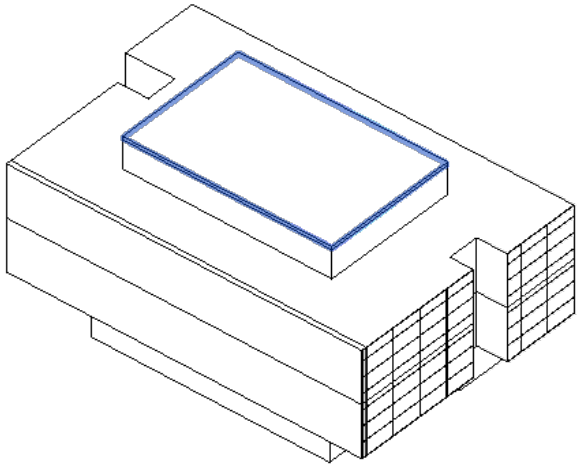




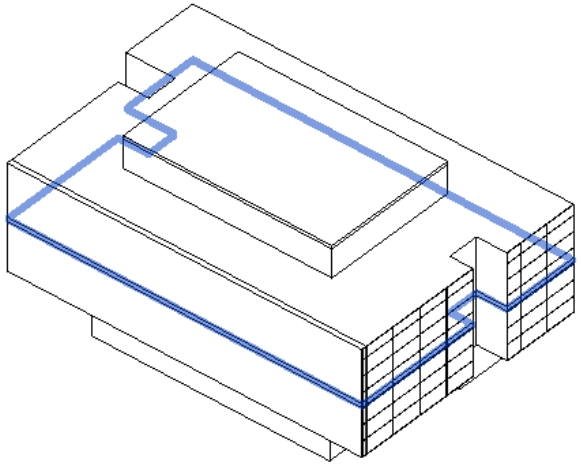
Yüzeyi Duvara Dönüştürmek:



Yüzeyi Giydirme Cepheye Dönüştürmek:

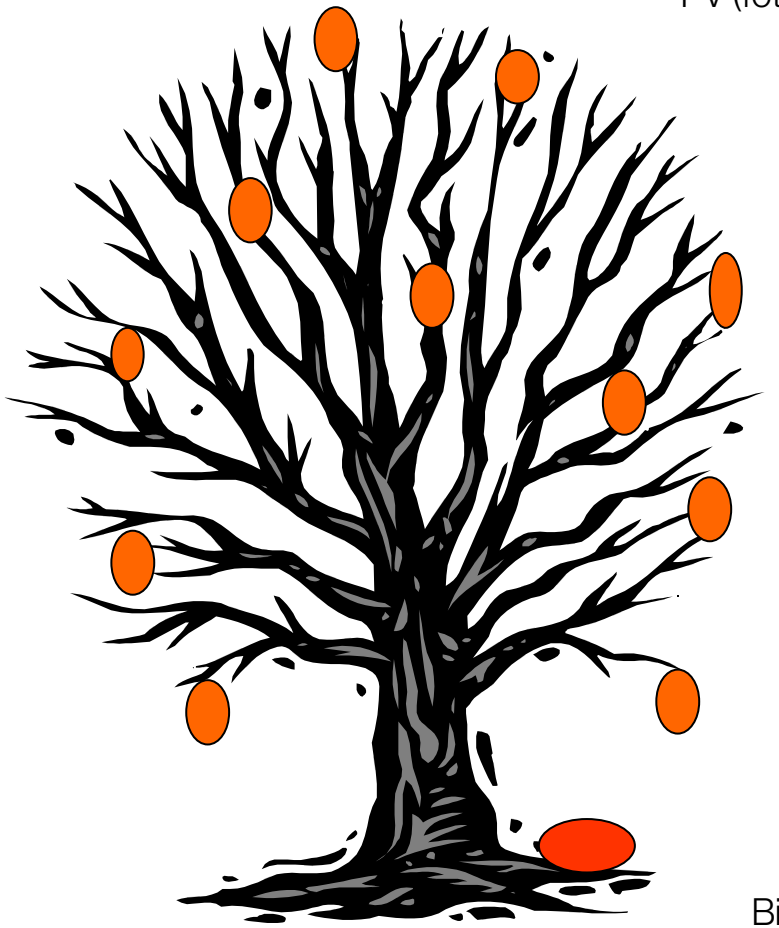


Yüzeyi Çatıya Dönüştürmek:



Yüzeyi Döşemeye Dönüştürmek:

BPA Enerji Kullanım Senaryoları



PV (fotovoltaik)

Aktif solar-günısı

Gün ışığı

Gölge elemanları

Pasif solar

Pencere boyutu

Pencere konumu

Bina rengi

Bina yönelimi

MALİYETTE ARTMA

En altta sarkan meyveden başla !

Kaynak: Heating, Cooling, Lighting
Norbert Lechner

Senaryo #1: Pasif Sistemler

BINA YÖNLENMESI
Rotates a building clockwise from 0 degrees, e.g. 90 degrees rotates the North side of the building to face East.

Current Setting:
0

SIZDIRMAZLIK
The unintentional leaking of air into or out of conditioned spaces; often due to gaps in the building envelope.

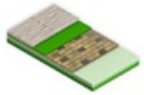
Current Setting:
0.4 ACH

DUVAR YAPISI
Represents the overall ability of wall constructions to resist heat losses and gains.

Current Setting:
R13+R10 Metal

ÇATI YAPISI
Represents the overall ability of roof constructions to resist heat losses and gains.

Current Setting:
10.25-inch SIP



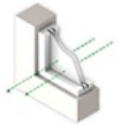
Tüm Cephelerde →

DUV.-PENC.ORANI
Window-Wall-Ratio (glazing area / gross wall area) interacts with window properties to impact daylighting, heating & cooling.

Current Setting:
30%

PENCERE CAMI
Glass properties control the amount of daylight, heat transfer & solar heat gain into the building, along with other factors.

Current Setting:
Trp LoE



GÜNEŞ KIRICILAR
Shades can reduce HVAC energy use. The impact depends on other factors, such as window size and solar heat gain properties.

Current Setting:
2/3 Win Height

Senaryo #2: Pasif + Aktif Sistemler

HVAC
Represents a range of HVAC system efficiency which will vary based on location and building size.

Current Setting:
ASHRAE Package Terminal Heat Pump

İŞLETİM SAATLERİ
The typical hours of use by building occupants.

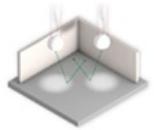
Current Setting:
12/6

CİHAZ YÜKLERİ
The power used by equipment i.e. computers and small appliances; excludes lighting or heating and cooling equipment.

Current Setting:
10.76 W/m²

AYDINLATMA VERİMİ
Represents the average internal heat gain and power consumption of electric lighting per unit floor area.

Current Setting:
BIM - 7.53 W/m²



KULLANIM SENSÖR.
Represents typical daylight dimming and occupancy sensor systems.

Current Setting:
Occupancy Controls

Senaryo #3: Pasif + Aktif Sistemler + PV

PV PANEL VERİMLİLİĞİ
The percentage of the sun's energy that will be converted to AC energy. Higher efficiency panels cost more, but produce more energy for the same surface area.

Current Setting:
16 % - 20.4 %

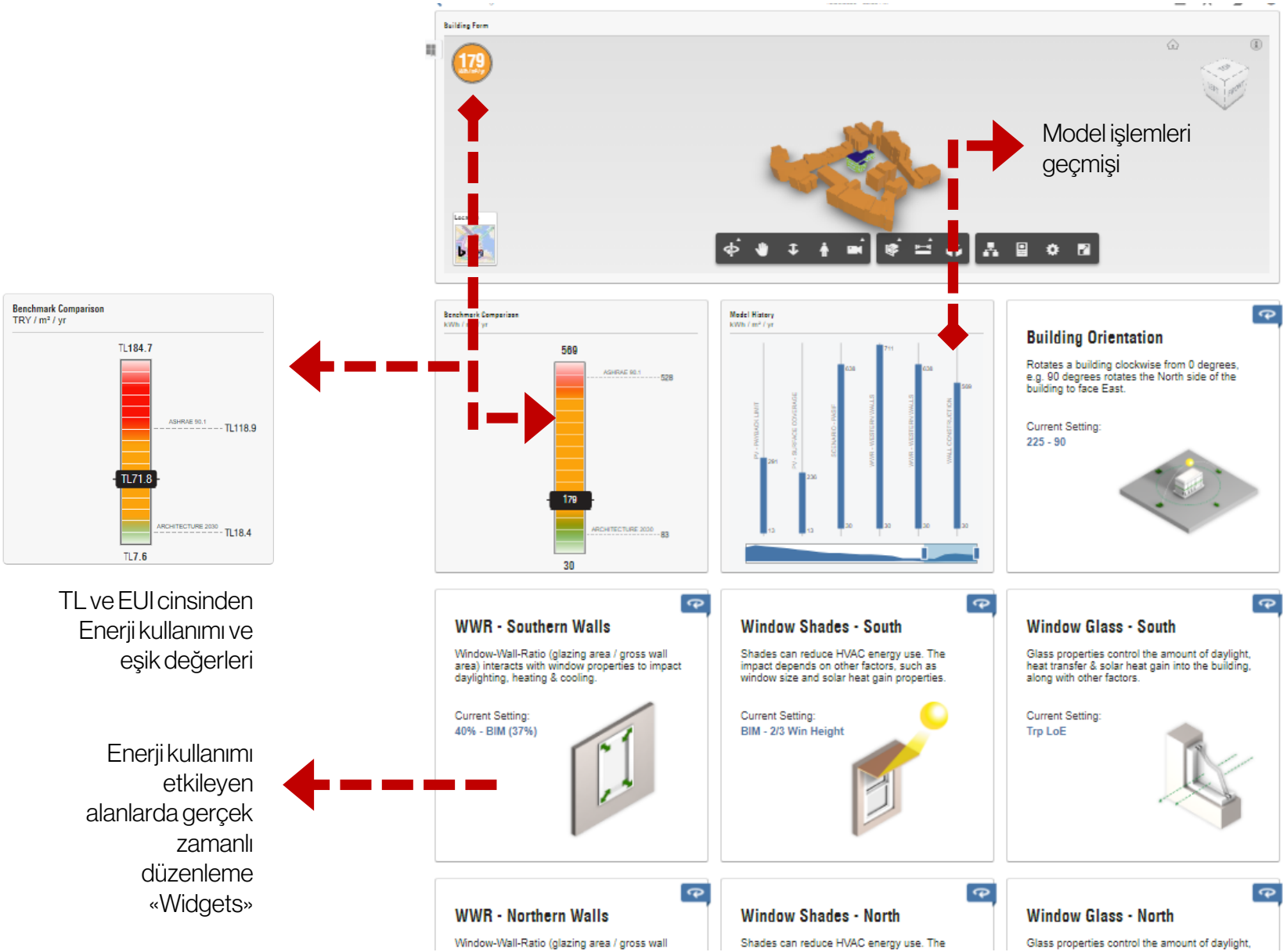
PV YATIRIMININ DÖNÜŞÜ
Use the payback period to define which surfaces will be used for the PV system. Surfaces with shading or poor solar orientation may be excluded.

Current Setting:
10 yr - 30 yr

PV YÜZEY ALANI
Defines how much roof area can be used for PV panels, assuming area for maintenance access, rooftop equipment and system infrastructure.

Current Setting:
0 % - 90 %

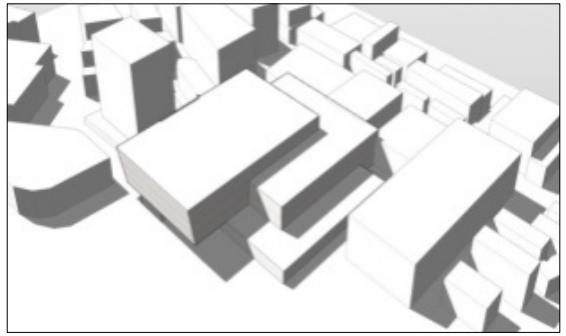
Revit ve Insight 360 ile Enerji Analizi



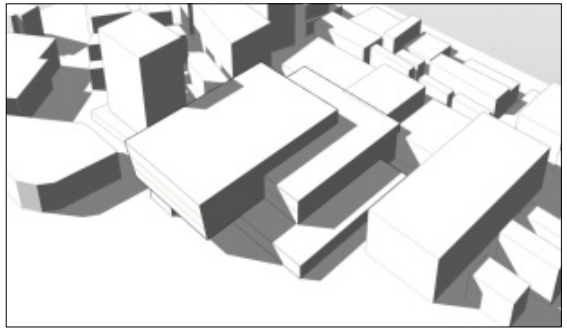
TL ve EUI cinsinden Enerji kullanımı ve eşik değerleri

Enerji kullanımı etkileyen alanlarda gerçek zamanlı düzenleme «Widgets»

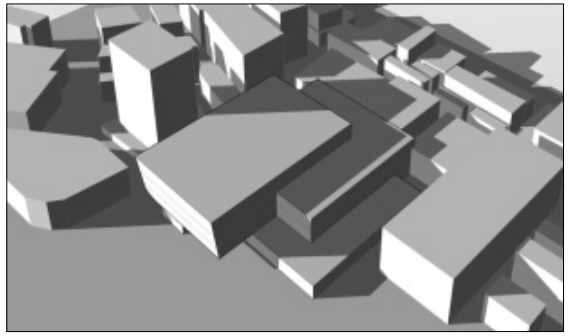
Widget özelliklerini düzenleyerek enerji kullanımını azaltmak



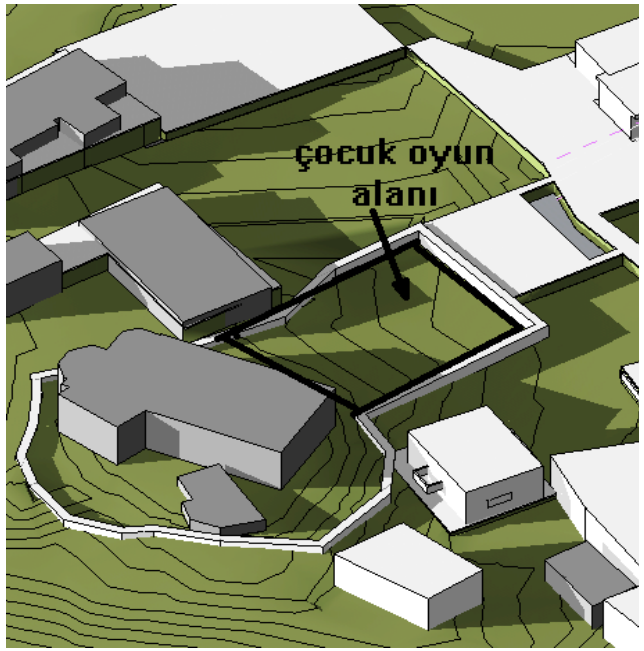
21 haziran (15:00) Yaz gün dönümü

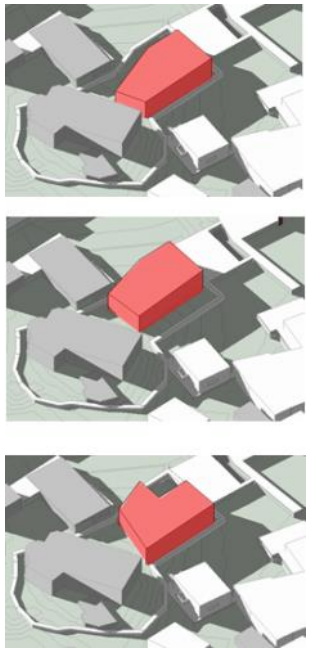


21 Mart/21 Eylül (15:00) Ekinoks



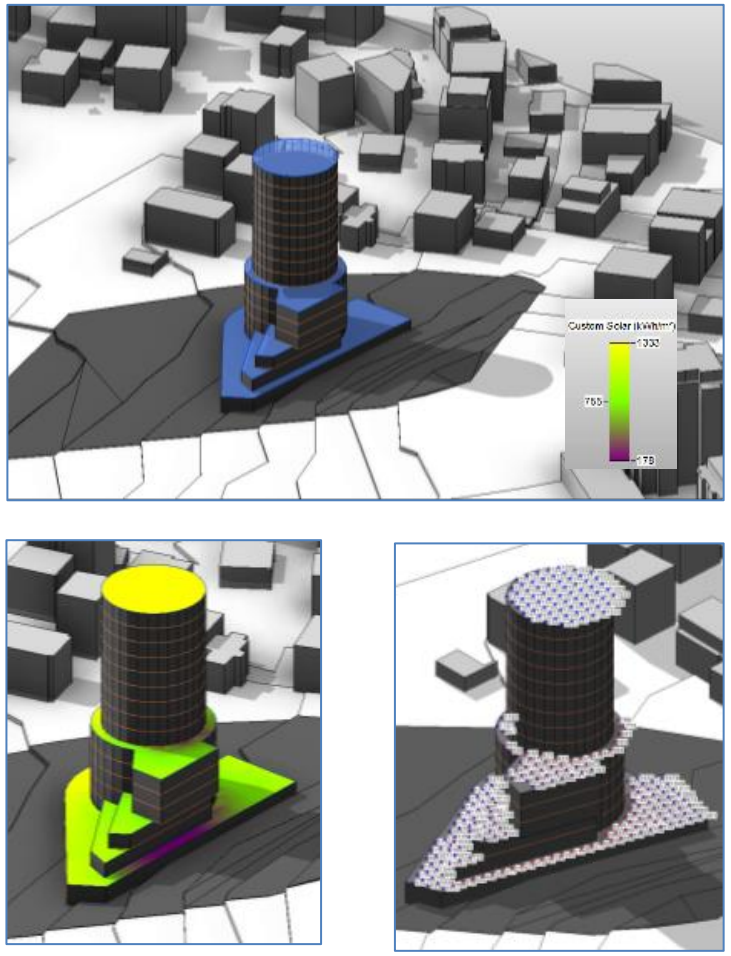
21 Aralık (15:00) Kış Gün dönümü



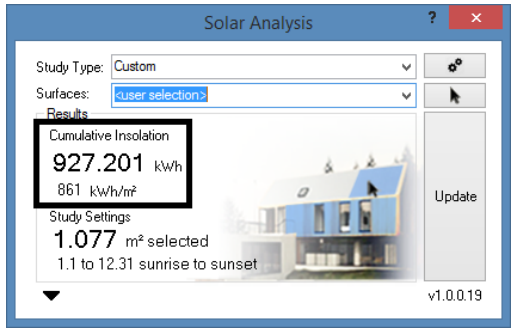


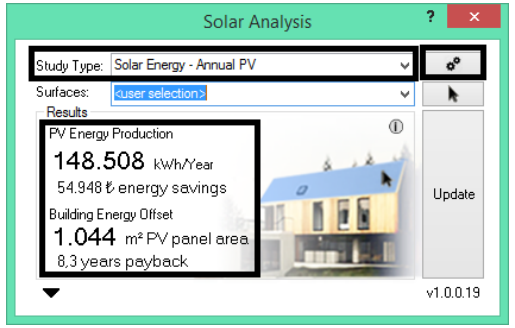
- **Bina kütlesi ve yönü** ile güneş erişiminin ilişkisi
- **Farklı mevsimler ve bazı özel günlerde** (ekinoks ve gün dönümleri) **güneşin rotası/hareketi ve konumu**
- **Binanın** kendisi ve çevredeki yapılaşmaların **bıraktığı gölge, şehirlerde ışık hakkı**

- Güneş ışınımından **enerji kaynağı** olarak yararlanma ve **PV kullanımı**
- **Güneş ışınımının enerji yüklerine** (ısıtma/soğutma) ve **güneş kırıcı** tasarımına **etkisi**
- **Güneş ışınımından faydalanma** veya **önleme** stratejileri (kütle, renk, malzeme seçimi, yönlenme)



Level	Annual Radiation	Color	Description
1	> 1.200 kWh/m²		Very Suitable
2	1.000 - 1.200 kWh/m²		Suitable
3	800 - 1.000 kWh/m²		Medium Suitable
4	< 800 kWh/m²	no color	Non Suitable

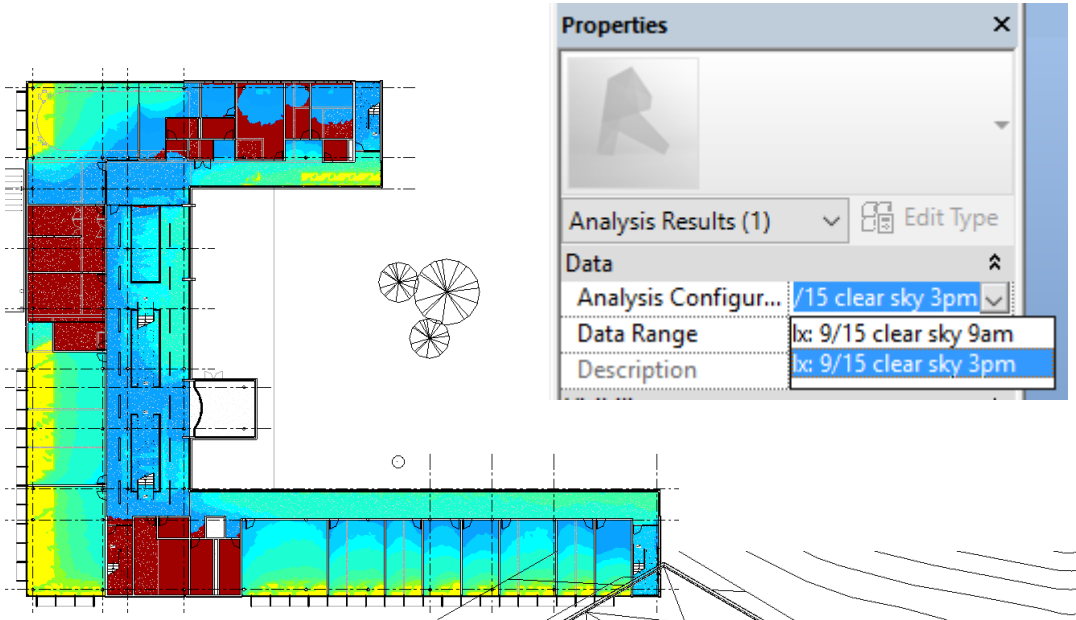


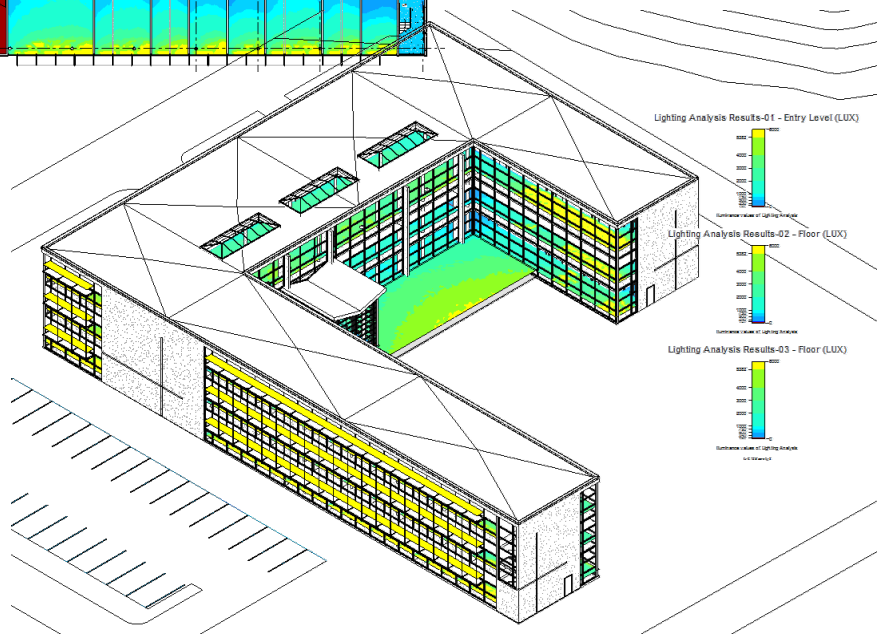


Güneş ışınımının renk ve sayısal formatlarda gösterimi

Öğrenci Çalışması: E. Akdeniz

- **Kavramsal tasarımdan sonraki evrelerde yapılır.**
- Gün ışığının **görsel konfor**, **iç mekan planlaması**, **yapay ışık yükleri** ve **güneş kırıcılar** üzerindeki etkisini anlamak
- Binaya gün ışığı ile **doğal ışık sağlama** tekniklerini incelemek
- **Binaya ait tüm mekanlar için ışık miktarını ölçmek** ve tanımlanan bir aydınlık düzeyi ölçütünü sağlamaya çalışmak ve **LEED kredisi hesaplamak**





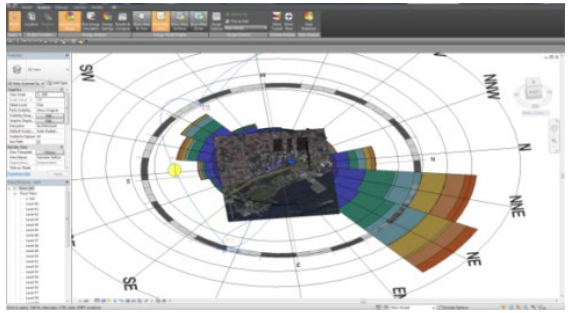
<_Lighting Analysis Room Schedule>

LEED 2009 IEQc8.1 Whole Building Results - 9am: 81% within, 3pm: 84% within

9/15 9am GHI: 457, DNI: 626, DHI: 87 W/m2

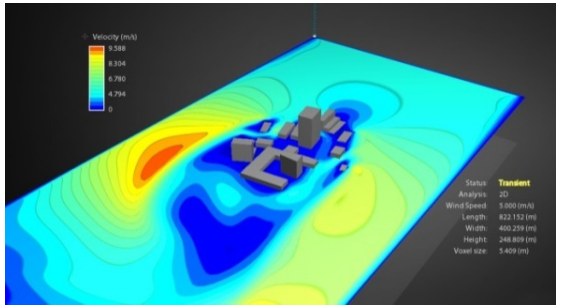
9/15 3pm GHI: 360, DNI: 83, DHI: 83 W/m2

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
						9am threshold results						3pm threshold results			
						within threshold		above threshold		below threshold		within threshold		above threshold	
Level	Name	Number	Area	Include In Daylighting	Automated Shades	%	Area	%	Area	%	Area	%	Area	%	Area
01 - Entry Level	Vest.	101	41 m²	☑	☐	92	37 m²	0	0 m²	8	3 m²	92	37 m²	0	0 m²
01 - Entry Level	Lobby	102	327 m²	☑	☐	88	288 m²	11	37 m²	1	3 m²	99	323 m²	0	0 m²
01 - Entry Level	Cafeteria	121	147 m²	☑	☐	100	147 m²	0	0 m²	0	0 m²	88	129 m²	12	18 m²
01 - Entry Level	Prep/Dish	122	22 m²	☐	☐	0	0 m²	0	0 m²	0	0 m²	0	0 m²	0	0 m²
01 - Entry Level	Dry Storage	124	8 m²	☐	☐	0	0 m²	0	0 m²	0	0 m²	0	0 m²	0	0 m²
01 - Entry Level	Electrical	125	6 m²	☐	☐	0	0 m²	0	0 m²	0	0 m²	0	0 m²	0	0 m²
01 - Entry Level	Conference	123	42 m²	☑	☐	55	23 m²	0	0 m²	45	19 m²	59	25 m²	0	0 m²



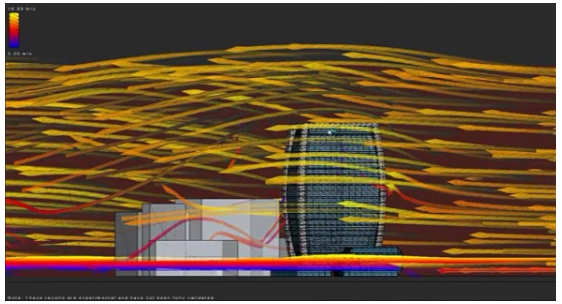
Rüzgar Gülü

1

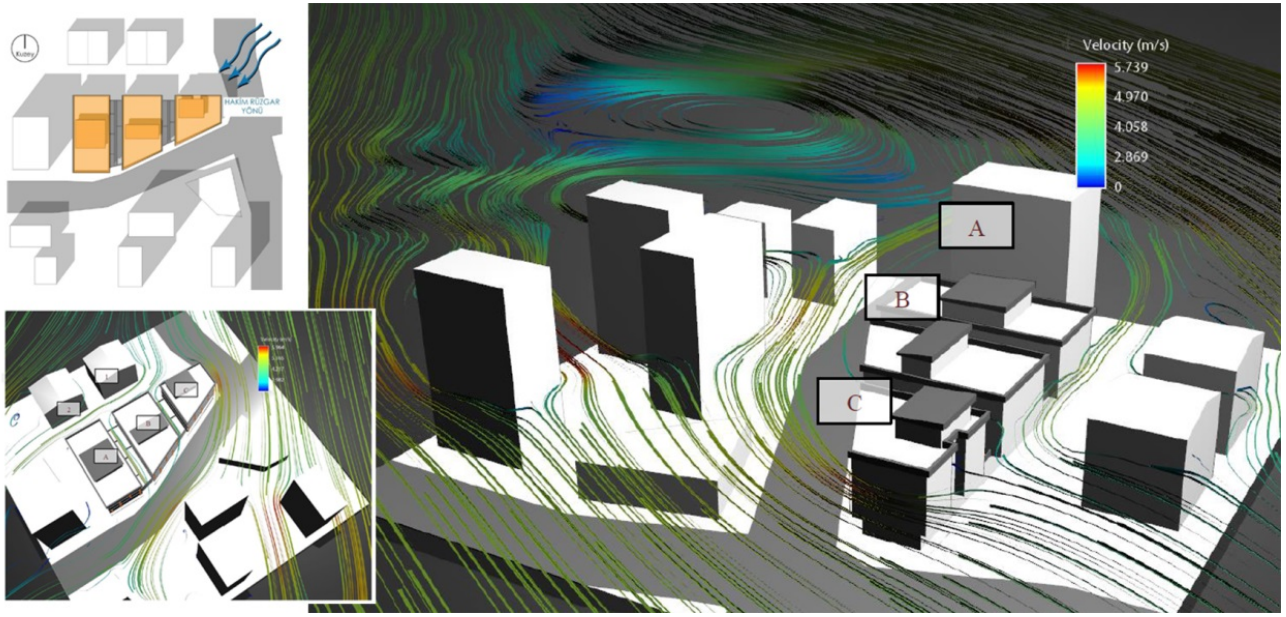


Rüzgar Tüneli 2D Düzlem Simülasyonu

2



Rüzgar Tüneli 2D Akış Çizgileri Simülasyonu



3

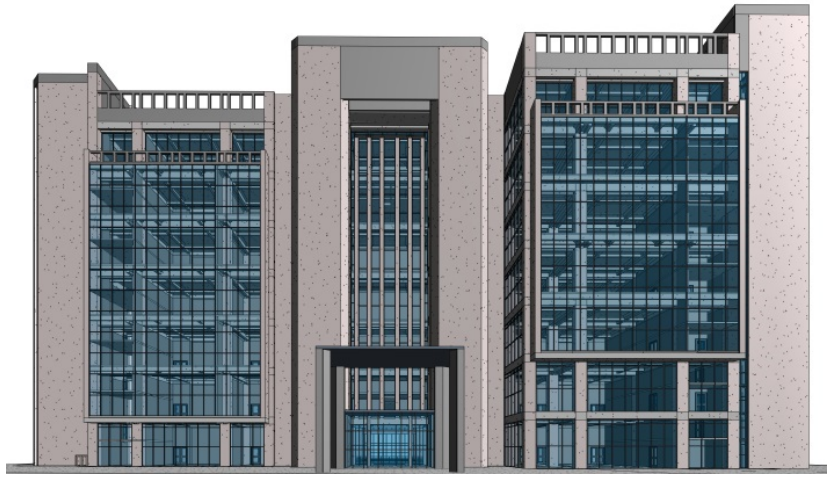
- Bina etrafındaki hava akımlarını simülasyonunu üretmek **bina için doğal havalandırma çözümü önermek**
- **Önerilen binanın** çevresindeki yapılar ve yayalar için **istenmeyen hava akımları oluşturmasını önlemek**
- Hava akımı simülasyonları **COVID'19 sonrası çok önemli**

Öğrenci Çalışmaları: (1). G. Yılmaz, B. Demir, F. Ertem, S. Erbaş (2). D. Furkan Çapkın (3). İ. Yuyucu

BIM-destekli performatif tasarım

çevresel simülasyonlar ile binalarımızın performasını ölçer, ve
gerçek zamanlı, sayısal veri ile

sürdürülebilirlikle ilgili
"bilgiye dayalı tasarım kararları"
verilmesini sağlar.



MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ

Enformatik Bölümü - Enformatik Anabilim Dalı

Teşekkürler...

E-POSTA:

sayisalmimar@gmail.com

BLOG:

www.sayisalmimar.com

LINKEDIN:

www.linkedin.com/in/sayisalmimar