

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPI BİLGİ MODELİ İLE MİNİMUM ZAYİATLA YER KAROSU VE KALIP
İŞLERİNİN İMALATI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Enes Hakan ZAFER

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Önder Halis BETTEMİR

AĞUSTOS 2021

**T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPI BİLGİ MODELİ İLE MİNİMUM ZAYİATLA YER KAROSU VE KALIP
İŞLERİNİN İMALATI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Enes Hakan ZAFER
36183621022**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Önder Halis BETTEMİR

AĞUSTOS 2021

TEŐEKKÖR VE ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında yardım, öneri, bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgmeden beni her konuda yönlendiren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Önder Halis BETTEMİR'e,

Çalışmalarımda ayrıca tüm hayatım boyunca olduğu gibi beni bu yaşa kadar büyütüp okutan her türlü desteğini esirgemeyen babam Nevzat ZAFER'e ve annem Halise ZAFER'e, hem okul hayatım hem de kişisel hayatımda her zaman yanımda olan desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ablam Melike YILDIRIM'a ve kardeşim Muhammed Mirac ZAFER'e,

teşekkür ederim.



ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Yapı Bilgi Modeli İle Minimum Zayırla Yer Karosu ve Kalıp İşlerinin İmalatı” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Enes Hakan ZAFER



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ	i
ONUR SÖZÜ	ii
İÇİNDEKİLER.....	i
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
SEMBOLLER VE KISALTMALAR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı.....	2
1.2 Tez Çalışmasında İzlenecek Yol.....	2
1.3 Tezden Beklenen Fayda.....	3
1.4 Tezin Kapsamı	3
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	4
3. YÖNTEM	22
4. VAKA ANALİZİ	31
4.1 Vaka Analizi 1	33
4.2 Vaka Analizi 2	35
4.3 Vaka Analizi 3	38
4.4 Vaka Analizi 4	44
4.5 Vaka Analizi 5	52
4.6 Vaka Analizi 6	55
4.7 Vaka Analizi 7	56
4.8 Vaka Analizi 8	59
4.9 Vaka Analizi 9	62
4.10 Vaka Analizi 10	62
4.11 Vaka Analizi 11	63
4.12 Vaka Analizi 12	68
4.13 Vaka Analizi 13	73
4.14 Vaka Analizi 14	74
4.15 Vaka Analizi 15	75
4.16 Vaka Analizi 16	77
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	79
KAYNAKLAR.....	81
ÖZGEÇMİŞ	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 : Önerilen yöntem ile manuel olarak seçilen yüzeyler arasındaki beton kalıp miktarlarının karşılaştırılması.....	4
Çizelge 2.2 : Doğru detaylı YBM modeli, önerilen yöntem, manuel yöntem 1 ve manuel yöntem 2 arasındaki duvar çerçeveleme miktarlarının karşılaştırılması	6
Çizelge 2.3 : Ayrıntılı YBM modeli ile şematik YBM modeli arasındaki karşılaştırma sonucu.....	8
Çizelge 2.4 : Ayrıntılı YBM modeli ile dinamo komut dosyaları arasındaki karşılaştırma sonucu.....	8
Çizelge 2.5 : Farklı yöntemlerin karşılaştırılması	11
Çizelge 4.1 : 60x60 cm boyutlarındaki karonun 315x480 cm boyutlarındaki odaya minimum zayıt ile döşenmesinin hesaplanması	36
Çizelge 4.2 : 40x80 cm boyutlarındaki karonun 315x480 cm boyutlarındaki odaya minimum zayıt ile döşenmesinin hesaplanması	37
Çizelge 4.3 : 80x40 cm boyutlarındaki karonun 315x480 cm boyutlarındaki odaya minimum zayıt ile döşenmesinin hesaplanması	38
Çizelge 4.4 : 60x60 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya birinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu	39
Çizelge 4.5 : 60x60 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya ikinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu	42
Çizelge 4.6 : 60x60 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya üçüncü alternatif ile yerleştirilmesi sonucu	43
Çizelge 4.7 : 40x80 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya birinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu	45
Çizelge 4.8 : 40x80 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya ikinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu	47
Çizelge 4.9 : 80x40 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya birinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu	49
Çizelge 4.10 : 80x40 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya ikinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu	50
Çizelge 4.11 : 80x40 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya üçüncü alternatif ile yerleştirilmesi sonucu	51
Çizelge 4.12 : 600x615 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 120x120 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 60x60 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi sonucu.....	58
Çizelge 4.13 : 435x480 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 80x80 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 40x80 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi sonucu.....	61
Çizelge 4.14 : 645x315 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 210x70 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 60x60 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi sonucu.....	62
Çizelge 4.15 : 645x315 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 210x70 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 40x80 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi sonucu.....	63
Çizelge 4.16 : 125x125 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 645x355 cm boyutlarındaki odaya birinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu	64
Çizelge 4.17 : 125x125 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 645x355 cm boyutlarındaki odaya ikinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu.....	66
Çizelge 4.18 : 125x125 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 645x355 cm boyutlarındaki odaya üçüncü alternatif ile yerleştirilmesi sonucu	67

Çizelge 4.19 : 122x244 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 980x614 cm boyutlarındaki odaya birinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu	69
Çizelge 4.20 : 122x244 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 980x614 cm boyutlarındaki odaya ikinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu	71
Çizelge 4.21 : 244x122 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 980x614 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi sonucu	72
Çizelge 4.22 : 645x315 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 210x70 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 125x125 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin yerleştirilme sonucu	74
Çizelge 4.23 : 615x720 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 210x70 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 150x300 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin yerleştirilme sonucu	75
Çizelge 4.24 : Bir daire için kullanılacak karo malzemelerinin karşılatırılması	76
Çizelge 4.25 : Toplamda on kat için kullanılacak karo malzemelerinin karşılatırılması ..	76
Çizelge 4.26 : Bir daire için kullanılacak döşeme kalıp malzemelerinin karşılatırılması	76
Çizelge 4.27 : Toplamda on kat için kullanılacak döşeme kalıp malzemelerinin karşılatırılması.....	77
Çizelge 4.28 : Bir daire için farklı boyutlarda kullanılacak karo malzemelerinin karşılatırılması	77
Çizelge 4.29 : Toplamda on kat için kullanılacak farklı boyulardaki karo malzemelerinin karşılatırılması.....	78

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 : Kesilmeden odaya yerleştirilebilen karoların gösterimi	23
Şekil 3.2 : Kalan parça boyutunun hesaplanması.....	24
Şekil 3.3 : Arta kalan parçaların eksik kalan kısımlarda değerlendirilmesi.....	26
Şekil 3.4 : $C=D$ olması durumunda arta kalan parçanın eksik kalan karşı kısma yerleştirilmesi	27
Şekil 3.5 : Arta kalan parçanın eksik kalan karşı kısma yerleştirilmesi ve eksik kalan kısımlarında tamamlanması.....	28
Şekil 3.6 : $C>D$ olması durumunda arta kalan parçanın eksik kalan karşı kısma yerleştirilmesi	29
Şekil 3.7 : En az malzeme zayıyatını belirleyen algoritmanın akış şeması	30
Şekil 4.1 : 60x60 cm boyutlarındaki karonun 480x480 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi	33
Şekil 4.2: 40x80 cm boyutlarındaki karonun 480x480 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi	34
Şekil 4.3 : 60x60 cm boyutlarındaki karonun 315x480 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi	36
Şekil 4.4 : 40x80 cm boyutlarındaki karonun 315x480 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi	37
Şekil 4.5 : Birinci alternatifte göre 60x60 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi	40
Şekil 4.6 : İkinci alternatifte göre 60x60 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi	41
Şekil 4.7 : Üçüncü alternatifte göre 60x60 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi	43
Şekil 4.8 : Birinci alternatifte göre 40x80 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi	45
Şekil 4.9 : İkinci alternatifte göre 40x80 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi	47
Şekil 4.10 : Birinci alternatifte göre 80x40 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi	49
Şekil 4.11 : İkinci alternatifte göre 80x40 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi	50
Şekil 4.12 : Üçüncü alternatifte göre 80x40 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi	52
Şekil 4.13 : Odada herhangi bir yapı elemanı bulunduğunda çözüm yöntemi	53
Şekil 4.14 : 360x360 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 60x60 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 60x60 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi	55
Şekil 4.15 : 480x480 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 80x80 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 40x80 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi	56
Şekil 4.16 : 600x615 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 120x120 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 60x60 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi	59
Şekil 4.17 : 435x480 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 80x80 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 40x80 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi	61

Şekil 4.18 : Birinci alternatifte göre 125x125 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 645x355 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi	65
Şekil 4.19 : İkinci alternatifte göre 125x125 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 645x355 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi	66
Şekil 4.20 : Üçüncü alternatifte göre 125x125 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 645x355 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi	68
Şekil 4.21 : Birinci alternatifte göre 122x244 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 980x614 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi	70
Şekil 4.22 : İkinci alternatifte göre 122x244 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 980x614 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi	71
Şekil 4.23 : 244x122 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 980x614 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi.....	73



SEMBOLLER VE KISALTMALAR

YBM	: Yapı Bilgi Modellemesi
DS	: Detay Seviyesi
Tİ (DB)	: Tasarım-İnşa
EPT (IPD)	: Entegre Proje Teslimi
AEC	: Mimarlık, Mühendislik, İnşaat
QTO	: Metraj Çıkarma
BQ	: Metraj Cetveli
QS	: Metrajcı
BQSM	: Malezya Metrajcılar Kurulu
LEED	: Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik
RFI	: Bilgi Talebi
BCEQTI	: YBM Tabanlı Bileşik Element Metraj Alımı İyileştirmesi
CII	: İnşaat Sanayi Enstitüsü
CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım
FR	: Özellik Tanıma
API	: Uygulama Programlama Arayüzü
LOD	: Gelişim Seviyesi
3B	: Üç Boyutlu

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YAPI BİLGİ MODELİ İLE MİNİMUM ZAYİATLA YER KAROSU VE KALIP İŞLERİNİN İMALATI Enes Hakan ZAFER

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

84+VIII sayfa

2021

Danışman: Doç. Dr. Önder Halis BETTEMİR

Bir inşaatın iç mekân yer kaplamasında genel olarak parke, seramik, terrazo, fayans ve karo kullanılmaktadır. Bu imalatların metrajları metrekare biriminde yapılır. Ancak malzemeler standart boyutlarda üretildiği ve kaplanan yüzeyinin boyutlarının kullanılan malzemenin boyutlarının katlarında olmaması, kaplama yüzeyinin düzgün geometrik şekilde olmaması, kolon, kapı eşiği tesisat bacası gibi yapısal ve mimari elemanların kaplanacak yüzeyde düzensizlik oluşturması, yapıdaki shaft boşluklarının oda geometrisini bozması gibi nedenler malzemenin yerleştirilirken kesilmesini gerektirmektedir. Yer kaplaması malzemesinin kesilmesi işçilikle birlikte zayıat miktarını da artırmaktadır. Bu çalışmada yapı bilgi modellemesi tabanlı bir sistem geliştirilerek zayıatı ve işçilik oranını azaltacak biçimde farklı boyuttaki kaplama yüzeylerine göre kullanılacak malzemenin en uygun şekilde yerleştirilmesi ve en uygun boyutun seçilmesi sağlanmıştır. Hipotetik bir inşaat projesi vaka çalışması olarak kullanılarak malzeme miktarı ve imalat için gereken kesme miktarı hesaplanmıştır. Geliştirilen sistem mevcut yer döşemesi boyutları arasından en az malzeme zayıatı olacak şekilde karo boyutunu ve yerleştirme örüntüsünü önermiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde şantiyedeki zayıat ve işçilik oranı azalacağı için yapım maliyetleri de düşecektir. Böylece daha verimli maliyetli yapı tasarımı ile daha etkin bir maliyet kontrolü uygulanabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Yapı Bilgi Modeli, Metraj, Maliyet Analizi, Yer kaplaması

ABSTRACT

Master Thesis

MANUFACTURE OF FLOOR TILES AND FORMWORK WORKS WITH MINIMUM LOSS BY THE BUILDING INFORMATION MODEL

Enes Hakan ZAFER

Inonu University
Graduate School of Nature and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

84+VIII page

2021

Supervisor: Doç. Dr. Önder Halis BETTEMİR

Parquet, ceramic, terrazzo, tiles, and tile are usually used for the floor covering of a building. Unit of quantity take-off of floor covering is square meters. However, the production of floor covering materials at standard dimensions, dissonance between the dimensions of the coated surface and the dimensions of the used material, irregularities of the coated area, existence of the structural and architectural elements such as column doorsill installation shaft, and any distortions which causes irregularity of the covered surface may necessitate the cutting of the covering material during the floor covering. Cutting of the floor covering material increases the amount of wasted material and workmanship. In this study, building information model based system is developed to determine the most suitable placement pattern of the floor cover material, and the most suitable floor covering dimensions which minimizes the waste of material and workmanship rate. The amounts of material and the required cuttings for construction of floor covering of a room of a hypothetical construction project are calculated as a case study. Developed system proposed the optimum size for the floor covering material and installation pattern which minimizes the amount of material waste. When the results are considered, it is expected that the developed system would decrease the construction costs since the amounts of material waste and workmanship would be decreased. Thus, more effective structure design and more efficient cost control will be obtained.

Keywords: Building Information Modeling, Quantity Take-off, Cost Analysis, Floor covering

1. GİRİŞ

İnşaat süreci hem yapım öncesi hem de yapım sırasında yoğun insan gücü gerektirir. İnşaat işlerine başlanılmadan önce inşaatın metrajlarına, iş programlarına ve maliyetine önem gösterilmelidir. Bu süreç insan emeğine dayalı olarak yürütüldüğü zaman ciddi insan gücü ve zaman ihtiyacı ortaya çıkar. Manuel çözümler genellikle 2 boyutlu çözümler üzerinde yapıldığı için büyük bilgi ve birikim gerekmektedir. Ayrıca manuel çözümlerde metrajlarda hata yapma olasılığı çok fazladır. Mühendisler ve mimarlar hem bu işleri kolaylaştırmak hem de daha güvenilir sonuçlar vermek adına çalışmalar yürütmüş ve yapı bilgi modellemesi (YBM) adı verilen bir model oluşturulmuştur. Mühendis ve mimarların çoğu YBM üzerinde yoğunlaşarak geliştirmeye çalışmışlardır. Çünkü YBM sayesinde mühendis ve mimarlar daha az insan gücü gerektiren sistemler geliştirerek metrajların daha hızlı, kolay ve güvenilir olmasına olanak sağlamışlardır. Metrajların doğru hazırlanması inşaat maliyetlerinin de doğru hesaplanmasını sağlar. Bu sayede maliyeti çıkarılan bir inşaatın bütçe dâhilinde yapılıp yapılamayacağına daha net karar verilebilir. YBM sayesinde bir yapının iş programları oluşturularak günlük şantiye durumu hakkında önceden daha net bilgiler verilebilir. Örneğin; şantiyede hangi gün ne iş yapılacağı, kaç işçi çalışacağı, inşaat alanında bulunması gereken malzeme miktarı gibi daha net bilgilere ulaşılabilir.

Metraj otomasyon süreci tamamlandığında sadece kullanıcıdan bir kaç veri girişi talep edilerek makro komutları sayesinde YBM tabanlı otomatik metraj çıkarımı sağladıktan sonra insan gücü gerektirmeden otomatik iş programını oluşturup inşaat yapım maliyetini hesaplamaktadır. Bu sayede insanlardan kaynaklanan hatalar minimize edilerek daha hızlı ve güvenilir sonuçlar bulmayı amaçlamaktadır. İnşaat sektörü açısından yapı bilgi modeli uygulamalarının gerçekleştirilmesi sektördeki verimi ve inşaat hızını artırıp rekabet avantajı kazandırmaktadır. Günümüzde sektörde hız ve verim ön planda olduğu için bu da yüklenicilere ciddi faydalar sağlamaktadır. Ayrıca hız ve verim, yükleniciye daha kısa sürede daha fazla iş yapma potansiyeli sağlamakta haliyle daha fazla iş alabilmesine olanak tanıyacaktır.

1.1 Tezin Amacı

YBM uygulamaları ağırlıklı olarak görsellik ve metraj üzerinde yoğunlaşmaktadır. YBM bir süreç ve yazılımdır sadece üç boyutlu akıllı modeller kullanmakla kalmaz, aynı zamanda iş akışı ve proje teslim süreçlerinde de önemli rol oynamaktadır (Hardin 2009). Fakat proje tabanlı iş yapan inşaat sektörü inşaat süresi ve maliyetlerine odaklı çalıştığı için malzeme israfını en aza indirecek tasarım optimizasyonuna çok az eğilim gösterebildiği için malzeme israfı çok fazladır ve bu konuya eğilen YBM çalışmaları çok sınırlıdır.

İç mekânlarda son bitiş yer kaplaması olarak kullanılan parke, seramik, terrazo, fayans ve karo türü malzemeler çeşitli ebatlarda imal edilebilmektedir. Malzeme boyutunun mekânın boyutları ile uyumsuz olması malzeme israfını ve işçilik gereksinimini arttırabilir. Ayrıca imalatın yapılacağı mekânda kolon, kapı eşiği, tesisat bacası gibi yapı geometrisini bozan elemanların bulunması önemli ölçüde malzeme zayiatına neden olmaktadır. Buna ek olarak palet biçiminde destelenerek tedarik edilebilen yer kaplamaları işin sonunda yüksek miktarda malzemenin artmasına neden olabilmektedir. Belirtilen olumsuzlukların en aza indirilmesi amacıyla YBM tabanlı bir sistem ile problem makro kodlarıyla formüle edilerek yer döşemesi ve döşeme kalıp imalatlarının en az zayıat ve işçiliğe yakın gereksinimi ile yerleştirilmesini sağlayan bir makro uygulaması geliştirilmeye çalışılmıştır. Geliştirilen sistem sayesinde inşaat maliyetlerinin azaltılmasının yanı sıra literatürde oluşan bu boşluğun giderilmesi hedeflenerek ileride yapılacak olan bu tür çalışmalara bir temel olması hedeflenmektedir.

1.2 Tez Çalışmasında İzlenecek Yol

Bu çalışmada aşağıdaki adımlar yerine getirildi:

- A ve B uzunluğundaki odanın X ve Y yönünde kesilmeden kullanıcak karo veya kalıp sayısının hesaplanması yapıldı.
- X ve Y yönünde eksik kalan yüzeyler var ise bu uzunluklar hesaplandı.
- Eksik kalan yüzeylere bir adet karo veya kalıp kesilerek yüzeye yerleştirildi.
- Eksik yüzeye yerleştirilen parçadan arta kalan malzemenin uzunluğu hesaplandı.
- Arta kalan malzemenin aynı doğrultuda veya karşı dik doğrultuda kullanılıp kullanılmayacağı kontrolü yapıldı.
- Oluşturulan altrenatifler üzerinden en az zayıata yakın alternatifin seçimi yapıldı.

1.3 Tezden Beklenen Fayda

Makro kodlarıyla oluşturulan program sayesinde kullanılacak sisteme oda boyutlarının girilmesiyle ve kullanılacak olan malzemenin seçimiyle birlikte en az zayıatla veya en az zayıata yakın biçimde yer döşemesinin ve kalıp imalatının nasıl yapılabileceği hesaplanacaktır. Bu şekilde yapılacak hesaplamalar sayesinde şantiye alanında kullanılacak malzemelerden tasarruf edilecek olup yapım maliyetleri düşecektir. Ayrıca malzeme siparişi verilirken eksik malzeme siparişi verilmesi önlenerek ve tedarikte yaşanacak olumsuzlukların önüne geçerek işlerin hızlı bir şekilde yapılmasına olanak sağlayacaktır. Şantiyelerde çalışan insan sayısının fazla olması sebebiyle de iş güvenliği bakımından ciddi riskler bulunmaktadır. Nitekim ülkemizde en fazla iş kazası şantiye alanlarında meydana gelmektedir. Kodların geliştirilerek daha sonrasında robot inşaatçılar oluşturulabilir ve bu alanlarda oluşacak olan iş güvenliği riskini de minimize etmesi sağlanabilir. Literatürde olan bu boşluk giderilmeye çalışılarak önemli bir optimizasyon probleminin de temeli atılmış oldu.

1.4 Tezin Kapsamı

Geliştirilen sistem mevcut haliyle düzgün geometriye sahip odalarda kare veya dikdörtgen şeklindeki malzemenin en az zayıat ile yerleştirilmesini hesaplamaktadır. Odanın düzgün geometrisini bozan ve odanın herhangi bir köşesinde bulunan kolon dışı, şaft boşluğu gibi yapı elemanlarının olması durumunda en az zayıata yakın çözüm yapılabilmektedir. Odanın geometrisinin daha kompleks örneğin dairesel, yamuk vb. şekillerde olması durumunda sistem mevcut haliyle çözüm yapamamaktadır. İleride yapılacak çalışmalar neticesinde de yukarıda bahsedilen çözümlere de ulaşmak için yazılan kodlamalar bir referans olacaktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Khosakitchalert ve diğ. (2019a) beton kalıbı imalatı tariflerinin YBM modellerinde genellikle bulunmadığından, konuyla ilgili iki çözüm önerdiler. İlk çözüm, beton kalıp miktarını manuel olarak ölçmek ve hesaplamaktır. İkinci çözüm, beton kalıpların YBM ile modellenmesi ve daha sonra metrajlarının çıkarılmasıdır. Önerilen yöntemi test etmek için bir prototip sistemi geliştirildi. Prototip sistemini geliştirmek için Autodesk Revit 2018.2 ve görsel bir programlama uzantısı olan Dynamo 1.3.3.4111 kullanıldı. Prototip sistemi ve önerilen yöntemi doğrulamak için gerçek bir inşaat projesi bir vaka çalışması olarak kullanılmıştır. İnşaat projesi Chulalongkorn Üniversitesi, Bangkok, Tayland, Mimarlık Fakültesi'nin yeni binası üzerinde önerilen sistem denenmiştir. Toplam inşaat alanı 4.700 m² olan on bir katlı bir binadır. Prototip sistem, tüm modelden 2.636 yüzey çıkardı, bunları farklı betonarme eleman kategorilerine ayırdı ve alanlarını hesapladı. Her bir betonarme elemanın kalıp alanları, Çizelge 2.1'de gösterilen bir elektronik tablo dosyasına aktarıldı. Önerilen yöntemin doğruluğunu incelemek için, prototip sistemindeki kalıp alanları güvenilir kalıp alanlarıyla karşılaştırılmalıdır. Metraj çıkaran kişiler tarafından yapılan manuel hesaplamanın kalıp alanları, 2B inşaat çizimleri olan farklı bir kaynaktan kalıp alanlarını hesapladıkları ve hesaplama sırasında insan hataları meydana gelebileceği için kullanılamazdı. Bu nedenle, prototip sistemindeki kalıp alanları, kalıpları temsil eden yüzeylerin manuel olarak seçildiği dijital 3 boyutlu modeldeki kalıp alanları ile karşılaştırılmıştır. Vaka çalışmasının YBM modeli dijital 3D modeline aktarıldı. Bu 3D model SketchUp 2018 yazılımına aktarıldı.

Çizelge 2.1 : Önerilen yöntem ile manuel olarak seçilen yüzeyler arasındaki beton kalıp miktarlarının karşılaştırılması

Betonarme Kalıpları	Manuel Seçilen Yüzeyler	Önerilen yöntem	Sapma
	Alan (m ²)	Alan (m ²)	(%)
Kolonlar	1.359,63	1.359,63	0,00
Duvarlar	3.104,13	3.104,13	0,00
Kirişler	514,46	514,46	0,00
Döşemeler	4.940,91	4.940,91	0,00
Merdivenler	253,38	253,38	0,00
Temeller	330,34	330,34	0,00
Toplam	10.502,84	10.502,84	0,00

Çizelge 2.1'den elde edilen sonuç, önerilen yöntemdeki beton kalıp miktarlarının, manuel olarak seçilen yüzeylerden beton kalıp miktarlarına eşit olduğunu göstermektedir. Otomatik algoritmaların doğru yüzeyleri seçtiği ve doğru miktarda beton kalıbı hesapladığı doğrulanabilir. Bu yöntemle, inşaat uygulayıcıları, beton kalıp elemanları içermeyen bir YBM modelinden beton kalıp metrajlarını elde edebilir. Bir YBM modelinde beton kalıp elemanları oluşturmaları, zaman alıcı ve hataya meyilli olan geleneksel yöntemi kullanarak beton kalıp miktarlarını hesaplamaları gerekmez. Gelecekte, önerilen yöntem daha çeşitli bina tasarımlarıyla doğrulanabilir. Eğimli kolonlar, eğimli döşemeler, kemerler veya diğer karmaşık betonarme şekiller gibi çeşitli betonarme eleman şekillerinden kalıp bulma yöntemi araştırılacak ve geliştirilecektir.

Khosakitchalert ve diğ. (2019b) YBM tabanlı otomatik alçı duvar metrajı hesaplayan bir sistem geliştirmiştir. Autodesk Revit'te görsel bir programlama uzantısı olan Dynamo 1.3.3.4111 kullanılarak bir prototip sistemi geliştirilmiştir ("Dynamo YBM," 2016). Bunun nedeni, bu yazılım platformunun, hem programcı olmayanların hem de programcıların sonuçları geliştirmek ve görselleştirmek için doğrudan ve kolayca YBM modellerine bağlanabilmesidir. İlk adım, alçıpan yüzeylerin hazırlanmasıdır. Duvar elemanları bir YBM modelinden aktarılmakta ve alçıpan olmayan duvar tipleri filtrelenmektedir. Vaka çalışması duvarlar, yapısal kolonlar, kirişler ve diğer zeminlerle etkileşime giren tüm duvar senaryolarını kapsamaktadır. İncelenen yapının brüt iç alanı 1.280 m²'dir. Alçıpanlar, iç mekanı 28 odaya bölmektedir. Tipik duvar yüksekliği 3.65 m ve kirişlerin altındaki duvar yüksekliği 3.45 m'dir. Dikey elemanların aralığı (C profiller) merkezde maksimum 600 mm'dir. Yatay elemanların (U profillerin) aralıkları da yedi sraya bölünmüş merkezde maksimum 600 mm'dir. Kapıların ve pencerelerin her iki tarafındaki profil, kutulu profil ile birleştirilen iki C profili kullanmaktır. Başlık ve eşik düzeltici U profilden ve pencere üstü dikme profilleri 600 mm aralıklarla C profilinden imal edilmiştir. Autodesk Revit 2018.2'de iki YBM modeli oluşturulmuştur. İlk YBM modeli, karşılaştırma için temel olarak kullanılan hassas detaylı YBM modelidir. Bu model Detay Seviyesi (DS) 350 alçıpanlara sahiptir. Duvar çerçeveleri gerçek yapı detaylarına göre tam olarak modellenmiştir. Sonuçlar Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 : Doğru detaylı YBM modeli, önerilen yöntem, manuel yöntem 1 ve manuel yöntem 2 arasındaki duvar çerçeveleme miktarlarının karşılaştırılması

Duvar Çerçeveleri	Doğru ayrıntılı	Önerilen Yöntem		Manuel Yöntem 1		Manuel Yöntem 2	
	Uzunluk (m)	Uzunluk (m)	Sapma (%)	Uzunluk (m)	Sapma (%)	Uzunluk (m)	Sapma (%)
C-profilleri	2.726,18	2.729,35	0,12	2.857,95	4,83	2.837,52	4,08
U- profilleri (Toplam)	1.971,49	1.974,66	0,16	2.199,40	11,56	1.895,82	-3,84
-Bağlantı parçaları	320,30	321,80	0,47	315,30	-1,56	-	-
- Alt parçalar	263,98	261,90	-0,79	315,30	19,44	-	-
- Orta parçalar	1.387,21	1.390,96	0,27	1.576,50	13,65	-	-

Hassas detaylı YBM modelinden elde edilen duvar çerçevelerinin metrajı en yüksek doğruluğa sahiptir, ancak YBM modelinde duvar çerçevelerinin oluşturulması için harcanan zaman, önerilen yöntemin uygulama zamanına kıyasla oldukça yüksektir. Ek olarak, bir YBM modelindeki artan geometriler, özellikle daha az belleğe ve düşük kaliteli bir grafik kartına sahip bir bilgisayarda, görüntü oluşturma hızını yavaşlatır. Önerilen yöntemden C profillerin miktarı, ayrıntılı detaylı YBM modelinden %0,12 daha yüksektir ve önerilen yöntemden U profillerin miktarı, ayrıntılı detaylı YBM modelinden %0,16 daha yüksektir. C profillerin ve U profillerin sapması %0,20'den daha azdır; bu, önerilen yöntemden duvar çerçeveleme metrajlarının, hassas detaylı YBM modeline kıyasla doğru olduğunu söyleyebilir. Metraj değerindeki ufak farklılıklar önemli değildir, çünkü genellikle müteahhitler malzeme satın alırken hesaplanan metrajların üstüne bir miktar zaiyat ekleyecektir. Ayrıca, önerilen yöntemin sonucu, manuel yöntem 1 ve 2'nin sonucundan daha doğrudur. Manuel yöntem 1'deki C profillerin miktarı, detaylı YBM modeline göre %4,83 daha yüksek, manuel yöntem 2'deki C profillerin miktarı, doğru detaylı YBM modelinden %4,08 daha yüksektir. Manuel yöntem 1'den elde edilen U profili miktarı, doğru detaylı YBM modelinden %11,56 daha yüksektir. U profillerin manuel yöntem 1'den sapması en yüksektir, çünkü bu yöntem U profillerinden kapı ve pencere boşluklarını çıkarmaz. Bu sapmaların hepsi pratikte kullanılabilir, çünkü miktarlar gerçek kullanımdan daha yüksektir. Bununla birlikte, artık malzemeler, özellikle çok daha fazla malzemeye neden olan sapmış miktarlara bir zaiyat yüzdesi eklendiğinde ortaya çıkabilir. Öte yandan, manuel yöntem 2'deki U profili sayısı doğru detaylı YBM modelinden % 3,84 daha düşüktür. Malzeme satın alırken eksik metraj bir sorun olacaktır, çünkü eklenen zaiyat miktarı eksik hesaplanan miktarı telafi etmeyebilir ve U profillerin

miktarı inşaat sırasında yeterli olmayabilir. Özetle, önerilen yöntem, doğru detaylı YBM modelinin sonuçları kadar doğru olan metraj sonuçlarını üretir, ancak yürütmek için çok daha az zaman harcar. Her iki manuel yöntem de pratikte kullanılabilir, ancak önerilen yöntem kadar verimli değildir. Farklı manuel yöntemlerden elde edilen sonuçlar sabit değildir ve fazladan eklenen zaiyat yüzdesi malzeme israfına neden olabilir. Önerilen yöntemle müteahhitlerin, özellikle büyük ölçekli bir projede zaman alan ve hataya açık metrajları ölçmek için YBM modelinde duvar çerçeveleme elemanları oluşturmaları gerekmez. Duvar çerçevelerinin metrajlarının doğru bir şekilde hesaplanması, bir inşaat aşamasında malzeme alımı için faydalıdır, çünkü fazla malzeme ve zaiyat azaltılabilir. Önerilen yöntemin ilkesi, herhangi bir YBM yazılımı ürününde bir duvar çerçeveleme tahmin sistemi geliştirmek için kullanılabilir.

Khosakitchalert ve diğ. (2018) YBM tabanlı otomatik duvar metrajı hesaplayan bir sistem geliştirmişlerdir. Önerilen yöntem Autodesk Revit 2018 üzerinde Dinamo uzantısı kullanılarak uygulandı. Uygulama, örnek çalışmalar olarak iki bina kullanılarak yapıldı. Autodesk Revit 2018'de biri test için şematik model, diğeri ise doğrulama için ayrıntılı model olmak üzere YBM modellerinin iki versiyonu oluşturulmuştur. İki bina şekli ve kat sayısı bakımından farklıdır, ancak duvar malzemeleri, yapı tipi ve seviye yükseklikleri aynı ortamlardadır. Binalar, yapı olarak betonarme kolonlar, kirişler ve zeminleri güçlendirmiştir. Duvarlar, dış ve iç yüzeyleri kaplayan alçı ile tuğla duvardır. Tuğla tabakası 70 mm kalınlığında ve alçı tabakası 15 mm kalınlığındadır. Tuvaletlerin 10 mm kalınlığında alçı tabakanın üzerinde seramik tabakası vardır. Tuvaletlerde karo tabakasının yüksekliği 2,1 m'dir. Tuvaletlerin tavan yüksekliği 2,3 m'dir. Diğer odaların tavan yüksekliği 2,6 m'dir. Her bir duvar katmanının metrajlarını karşılaştırmak için, şematik YBM modeli için LOD 300'deki duvar kullanılır. Toplam duvar kalınlığı 100 mm'dir. Duvarlar, yapısal kolonlardan çizilerek, kirişler ve zeminlerle üst üste binerek oluşturulur. Geliştirilen Dinamo komut dosyaları, çekirdek katmanın alanını, dış kaplama tabakasını, iç kaplama tabakasını ve tuvaletlerdeki özel yükseklikte bir iç kaplama tabakasını bulmak için kullanılır. Çizelge 2.3 ve Çizelge 2.4'te ayrıntılı YBM modellerinden, şematik YBM modellerinden ve Dynamodan malzeme alanının karşılaştırılması gösterilmektedir. Ayrıntılı YBM modellerinden elde edilen sonuçlar bu karşılaştırmanın temelini oluşturmaktadır. Dinamo senaryolarından elde edilen sonuçların, taban çizgisine kıyasla yaklaşık $\pm\%1$ sapar. Sapmaya, ayrıntılı YBM modellerindeki malzeme katmanlarının

kalınlığı neden olur. Öte yandan, şematik YBM modellerinden elde edilen sonuçlar daha fazla sapmaya sahiptir.

Çizelge 2.3 : Ayrıntılı YBM modeli ile şematik YBM modeli arasındaki karşılaştırma sonucu

Duvar Katmanları	Detaylı YBM Modeli	Şematik YBM modeli	% Sapma
Core (1)	234,60 m ²	299,31 m ²	%-27,58
Core (2)	315,95 m ²	391,08 m ²	%-23,78
Ext. (1)	226,08 m ²	299,31 m ²	%-32,39
Ext. (2)	291,00 m ²	391,08 m ²	%-34,39
Int. (1)	314,65 m ²	299,31 m ²	%4,88
Int. (2)	426,83 m ²	391,08 m ²	%8,38
Tile (1)	39,55 m ²	-	-
Tile (2)	70,50 m ²	-	-

Çizelge 2.4 : Ayrıntılı YBM modeli ile dinamo komut dosyaları arasındaki karşılaştırma sonucu

Duvar Katmanları	Detaylı YBM Modeli	Şematik YBM modeli	% Sapma
Core (1)	234,60 m ²	232,37 m ²	%0,95
Core (2)	315,95 m ²	313,36 m ²	%0,82
Ext. (1)	226,08 m ²	228,30 m ²	%-0,98
Ext. (2)	291,00 m ²	292,99 m ²	%-0,68
Int. (1)	314,65 m ²	311,23 m ²	%1,09
Int. (2)	426,83 m ²	425,13 m ²	%0,40
Tile (1)	39,55 m ²	39,80 m ²	%-0,63
Tile (2)	70,50 m ²	70,85 m ²	%-0,50

Duvar ve yüzeylerin doğru metrajı, tasarım ve inşaat ekipleri, yani DB ve IPD arasında daha fazla işbirliğine sahip proje teslim yöntemleri için tasarım sürecinin ilk aşamalarında bina maliyetini tahmin etmek için kullanılabilir. Kullanılan birden fazla malzeme varsa, komut dosyaları yüzey alanını bulamaz. Örneğin, döşeme katmanında iki tür döşeme varsa, komut dosyaları her türün alanını ayıramaz. Bu durumda, doğru metraj alımı için ayrıntılı bir YBM modeli gereklidir. Gelecekteki araştırmalarda, uygulamanın doğrulama için daha fazla vaka çalışmasına ve Dinamo senaryolarının iyileştirilmesi gerekecektir. Gelecekteki Dinamo senaryolarında iyileştirilmesi gereken üç özellik vardır. İlk olarak, her odadaki Sınır Ofseti özelliği otomatik olarak ayarlanmalıdır. Şu andan itibaren kullanıcının tavan yüksekliğini elle eşleştirmek için Limit Ofset özelliğini düzenlemesi gerekiyor, fakat bu hataya açık bir işlemdir. İkincisi, özel iç kaplama tabakasının ayarlanabilir yüksekliği tavan yüksekliği veya zeminden zemine kadar yüksek

olmalıdır. Son olarak, binada çok sayıda duvar tipi olması durumunda, kullanıcı hesaplamada kullanılacak duvar tipini seçebilmelidir.

Soon ve diğ. (2019) Malezya Mimari Mühendislik İnşaat (AEC) endüstrisindeki projelerin verimliliğinin ve doğruluğunun YBM uygulanarak iyileştirilmesi beklendiğini belirtmiştir. Bu görüşünün dayanağı YBM sistemlerinin, yapısal analiz, termal analiz, hızlı maliyet tahmini, projenin verimliliği ve doğruluğu gibi performans analizi işlevlerini iyileştirmeyi amaçlamasıdır. YBM Uygulamasında danışman ekip üyeleri arasında işbirliği gereklidir, bu doğrultuda mimarlar ve mühendisler gibi tasarımcılar, maliyet tahmini, metraj çıkarma (QTO) ve metraj cetveli (BQ) hazırlamak için metrajcılar (QSs) 3D modelin üretimine liderlik etmektedir. Bu araştırmada, birincil veriler kişisel görüşmeler yoluyla toplanmıştır. Literatür incelemesinden toplanan veriler, QS danışmanlarının mevcut metraj mesleğinde 3D modellemenin etkilerini ve verimliliğini anlamak için algı, deneyim ve yorumlarını toplayarak güncellenmektedir. Bu nedenle, sayısal kanıtlardan ziyade insanların anlayışlarını, deneyimlerini, görüşlerini ve insanların görüşlerini daha fazla vurgulayan nitel yaklaşımın doğası nedeniyle yapılan görüşmeleri analiz etmek için nitel bir yaklaşım kullanılmıştır (Denzin ve Lincoln, 1998). Yapılandırılmamış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmış görüşmeler ve herbiri farklı durumlarda uygun olan birçok görüşme türü vardır (Leech, 2002). Bu birincil veri toplamada, bu araştırma esas olarak manuel veya CAD ölçümüne kıyasla 3D modelleme ve 3D modellemenin verimliliğini sınırlama konusunda profesyonel geri bildirimler ve deneyimler toplamayı amaçlamaktadır. Clifford ve diğ. (2016) yarı yapılandırılmış görüşmeye odaklanmıştır. Bunun sebebi yarı yapılandırılmış görüşme, görüşlerin araştırılması ve deneyimlerin toplanmasında faydalı olmasıdır. Katılımcıların 11'i bu modelde 3B modelleme deneyimlerini paylaşmak için yarı yapılandırılmış görüşmeleri kabul etti. Tüm katılımcılar, 3B modelleme uygulamasına katılan metraj firmalarında önemli sorumluluk taşıyan yönetim pozisyonlarındadır. On bir katılımcıdan sekizi direktör veya yardımcı direktör pozisyonundayken, üç katılımcı kıdemli metrajcıdır. Buna ek olarak, dokuz katılımcı Malezya Metrajcılar Kurulu (BQSM) altında kayıtlı metrajcıdır. Dolayısı ile tüm katılımcılar görüşmede geri bildirim ve öneriler sunmak için yeterli bilgi ve kavrayışa sahip deneyimli metrajcıdır. Katılımcıların çoğunluğu, özellikle mimari ölçüm olmak üzere 3B modellemedeki ölçüm ve dokümantasyondan memnundur. 3B modellemede, katılımcıların çoğunluğu merdivenlerin ve duvar kaplamalarının ölçüm kısıtlamaları olduğunu destekliyor. 3B modelleme uygulamasında, tüm görüşmeciler geleneksel QS

sürecine ve prosedürlerine uyar, belgelerde ve sözleşme belgelerinde güncel değişikliklere gerek yoktur. Bu yöntem, geleneksel YBM uygulamasındaki, YBM sürecini benimseyen kullanıcıların çoğunluğunun sektördeki mevcut uygulamalarda önemli bir düzeltme gerektirdiği kısıtlamaları çözmektedir. Bu nedenle, görüşmecilerin çoğu, 3B modellemeyi uyguladıktan sonra, Microsoft excel, Cost-X ve Build Space olmak üzere önceki metraj cetveli hazırlık yazılımlarını kullanmaya devam edebilmektedir. Tüm görüşmeciler, 3B modellemede iç eğitimin önemli olduğunu kabul ettiler. Analiz sonucu, katılımcıların büyük çoğunluğunun, QSs'nin Malezya'daki 3B modellemeyi benimsemesinin nedenlerini ima eden 3B modellemedeki ölçüm ve dokümantasyondan, özellikle mimari ölçümden memnun olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, 3B modelleme süreci ihale öncesi aşama ile sınırlı kalmakta ve inşaat aşamasından sonra daha fazla uygulama yapılmamaktadır. Bu nedenle, inşaat aşamasından sonra 3B modellemenin faydalarını genişletmek için QS firmaları tarafından hazırlanan mevcut 3B modelin daha da geliştirilmesi için gelecekteki bir çalışma önerilmektedir.

Liu ve Wang (2019) Otomatik metraj hesaplaması yapmanın iki ana zorluğunun bulunduğunu belirtmiştir. İlk zorluk olarak Çin şartnamesi metrajların yönetmelik tarafından tanımlanan bölüm ve alt bölüm çalışmaları tarafından listelenmesini şart koşmasını göstermiştir. Bu nedenle, bileşenler belirli kurallara göre sınıflandırılmalıdır. İkincisi, kod tarafından tanımlanan metrajları hesaplamak için kurallar Revit tarafından oluşturulan geometri modelinden farklıdır. Bu nedenle, metrajların algoritması kodun ihtiyacına göre ayarlanmalıdır. Belirtilen sorunları çözmek ve metrajları hesaplamak için bir çerçeve oluşturulmuştur. Çerçeve 5 ana başlıktan oluşmaktadır; Modelleme ve hazırlık aşaması, kural çeviri aşaması, model ayarlama aşaması, kural yürütme aşaması, çıktı aşamasıdır. İşlem esas olarak üç bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm, bu tür bileşenleri YBM modelinden alacak ve bunları bölüm ve alt bölüm çalışmalarına göre sınıflandıracaktır. Daha sonra, tek bir bileşen için metraj miktarını hesaplamak için algoritma yürütülür. Son olarak, metrajlar istendiği gibi toplanacak ve üretilecektir. Çerçeve ve kod kuralları ile hesaplanan miktarları kontrol etmek için, beton duvarlar, kolonlar ve kirişli küçük bir yapı modeli kullanılmıştır. Modelin, çerçevenin etkinliğini test etmek için örnek olarak sadece iki katı vardır. Küçük açıklıkları sınıflandırma yeteneğini test etmek için modelde pencereler, kapılar ve farklı boyutlardaki açıklıklar bulunmaktadır. Dolgu duvarları ve merdivenler bu örnekte modellenmemiştir. Metraj listesinin oluşumunu tamamladıktan sonra, Revit kendi zamanlama fonksiyonu tarafından elde edilen çerçeveye

hesaplanan metrajları ve koda göre manuel olarak hesaplanan metrajları karşılaştırabiliriz. Sonuçlar, farklı yöntemlerin bir karşılaştırmasını sağlayan Çizelge 2.5'te gösterilmektedir. Manuel yöntem, koddaki kurallara dayanır, 2D çizimden bilgi alır ve metrajları bir e-tablo ile hesaplar. Yerinde dökme beton bileşenleri için manuel hesaplama yöntemi aşağıdaki gibidir:

$$V_{\text{Kolon}} = A \times L_{\text{cal}} \quad V_{\text{Kiriş}} = A \times L_{\text{cal}} + \Delta V \quad (1)$$

$$V_{\text{duvar}} = A \times L_{\text{cal}} - \Delta V \quad V_{\text{döşeme}} = S \times t - \Delta V \quad (2)$$

A, bileşen kesitinin alanıdır ve Lcal, kod tarafından tanımlanan bileşenin hesaplama uzunluğudur. Kiriş için V, kiriş yuvasının hacmidir (varsa). Duvar ve döşeme için V, büyük açıklıkların (0.3m²'den fazla), pencerelerin ve kapıların hacmidir.

Çizelge 2.5 : Farklı yöntemlerin karşılaştırılması

Ürün	Birim	Çerçeve ile hesaplanan metrajlar	Revit ile hesaplanan metrajlar	Manuel olarak hesaplanan metrajlar
Dikdörtgen Kolon	m ³	19,10	19,10	19,10
Dikdörtgen Kiriş	m ³	95,59	93,92	95,48
Beton Duvar	m ³	199,84	201,16	199,83
Düz Duvar	m ³			
Kirişli Beton Döşeme	m ³	211,31	209,36	211,26

Lcal ve V zaman alıcı ve hataya açık bir yaklaşımdır. Manuel olarak hesaplanan metrajları karşılaştırma ölçütü olarak alırsak, bu çerçeve ile hesaplanan değer Revit'teki zamanlama fonksiyonu tarafından hesaplanandan daha doğru olduğu görülebilir. Hesaplama çerçevesi ve Revit programı arasındaki sapma açıktır. Kiriş ve duvar için birleştirme sırasının ayarlanması kiriş hacminin artmasına ve duvarın azalmasına yol açar. Aynı zamanda, küçük açıklıkları görmezden gelmek, döşeme ve duvarın hacmini artırır. Aynı hesaplama kurallarını kullanmasına rağmen, hesaplama çerçevesi ve manuel yöntem arasında hafif bir sapma vardır. Revit'teki geometri verileri SI birimlerinde değil, İngilizce birimlerde saklanır ve yuvarlama ve birim dönüştürme bazen küçük bir sapmaya neden olur. Hesaplama ve toplama sapmayı artıracaktır. Standart Kütüphanesi olmadan bazı bölüm ve alt bölüm çalışmaları için, bunları varsayılan özelliklerinden elde edilen bilgilerle ayırt etmek veya otomatik olarak bir liste ögesine çevirmek zordur. Açıkçası, tam otomasyon yöntemi elde edilebilirse, maliyet mühendislerinin verimliliği büyük ölçüde artırılabilir ve karmaşık ve çeşitli işlerden kurtarılabilir. Ancak, hala yapılacak çok iş var.

Takviye işleri için kuralların çevirisi, çerçeve-perde duvar yapısı için YBM tabanlı metraj hesaplama çerçevesinin bir sonraki kilit noktasıdır.

Azhar (2011) Bir yapı bilgi modeli; yapı elemanlarının geometrisi, mekânsal ilişkiler, coğrafi bilgiler, metraj ve özellikleri, maliyet tahminleri, malzeme envanterleri ve proje çizelgesini karakterize eder. Model, tüm bina yaşam döngüsünü göstermek için kullanılabilir (Bazjanac, 2006). YBM bir süreç ve yazılımdır sadece üç boyutlu akıllı modeller kullanmakla kalmaz, aynı zamanda iş akışı ve proje teslim süreçlerinde de önemli rol oynar (Hardin, 2009). YBM görselleştirme, imalat / mağaza çizimleri, kod incelemeleri, maliyet tahmini, inşaat sıralaması, çatışma/girişim ve çarpışma algılama, adli analiz ve tesis yönetimi için kullanılabilir. YBM'nin en önemli yararı, binanın bileşenlerinin entegre bir veri ortamında doğru geometrik temsilidir (CRC Construction Innovation 2007). Diğer faydaları ise daha hızlı ve daha etkili süreç yönetimi, daha iyi tasarım, kontrollü tüm yaşam maliyetleri ve çevresel veriler, daha iyi üretim kalitesi, otomatik montaj, daha iyi müşteri hizmeti, yaşam döngüsü verileridir. Azhar YBM kullanımının faydalarını anlatmak için 4 ayrı vaka çalışması yapmıştır. Çalışmada proje planlama, tasarım, inşaat öncesi ve inşaat aşamaları için bir yapı bilgi modelinin geliştirilmesi ve kullanılmasında sağlanan maliyet ve zaman tasarrufunu göstermektedir. İlk vaka çalışması Atlanta, Gürcistan'da yer alan, karma kullanımlı bir otel, perakende satış mağazaları ve bir otoparktan oluşan Aquarium Hilton Garden Inn projesidir. YBM kullanılarak yapısal ve diğer sistemler arasında çakışma ve çatışma tespiti yapılmıştır. İnşaat başlamadan önce 590 adet çakışma tespit edilip ve düzeltilerek yaklaşık 200.392 \$ maliyet tasarrufu sağlanmıştır. İkinci vaka çalışması Savannah State Üniversitesi, Savannah, Georgia'da gerçekleştirilmiştir. Bu vaka çalışması, en ekonomik ve uygulanabilir bina düzenini seçmek için seçenek analizi (değer analizi) gerçekleştirmek için proje planlama aşamasında YBM'nin kullanımını göstermektedir. Proje sahibi ve mimarlar koordine edilerek edilmiş ve YBM tabanlı maliyet tahmini ile üç farklı maliyet senaryosu hazırlanmıştır. Proje sahibi tüm modelleri tek tek inceleme şansı bulup en ekonomik tasarım seçeneğini seçmesine yardımcı olmuştur. Geleneksel yöntemlere göre YBM daha hızlı ve kesin karar vermesine yardımcı olmuştur. Üçüncü vaka çalışması The Mansion on Peachtree, Atlanta, Georgia'da beş yıldızlı karma kullanımlı bir oteldir. Ana yüklenici proje planlama aşamasında YBM yardımı ile eksik tasarım ve belgeler, birden fazla koordinatörsüz danışman, tasarım öncesinde saha inşaatı, sürekli tasarım geliştirme ve sahibin sık değişen kapsam değişikliklerini tespit etti. Proje ekibi YBM uygulamasını planlama ve koordinasyon için

kullandı ve tutarsızlıkları gidermek ve eksik kalemleri tespit etmek için sözleşme belgelerini analiz etmişlerdir. Daha sonra model çıkarımları yapılmıştır. Proje sahibine tuğla veya prekast olarak iki bitirme seçeneği sunulmuş ve YBM ile bu elemanlar görselleştirilip karşılaştırıldı. Proje sahibi prekast olan elemanı seçti ve iç detaylar için 3B kotlar hazırlandı. Çarpışma tespiti yapıldı ve sonrasında iş programı hazırlandı. Bu sayede proje zamanında ve bütçe dâhilinde tamamlandı. Dördüncü vaka çalışması Atlanta, Georgia'daki Emory Üniversitesi kampüsünde LEED sertifikalı, 110.000 metrekarelik Emory Psikoloji Binasıdır. YBM, gün ışığından en fazla yararlanılmak için kullanıldı ve binanın sahadaki konumunun belirlenmesine yardımcı oldu. Bunu başarmak için, YBM yazılımı içinde tesisin görünümü yazılımın güneş konumlandırma özelliği kullanılarak oluşturulmuştur. Ardından, yıl boyunca güneşin etkilerini ve tesisin çevre binalar üzerindeki etkilerini belirlemek için gölgeleme ve aydınlatma çalışmaları ile sağdan aydınlatma çalışmaları yapılmıştır. Tüm bu tasarım ayarlamaları tasarım aşamasında dâhil edilebildiğinden, analizler proje yaşam döngüsünün sonraki aşamalarında maliyetli ve zaman alıcı yeniden tasarımı önledi. YBM uygulanmasının faydaları olabildiği gibi bazı riskleri de vardır. YBM ile ilgili riskler iki geniş kategoriye ayrılabilir: (1) Teknoloji ile ilgili riskler ve (2) Süreçle ilgili risklerdir. YBM'nin ilerlemesinde bazı teknolojik ve idari zorluklar bulunmaktadır. Teknolojik zorluklar genel olarak üç kategoriye ayrılabilir: (1) Veri birlikte çalışabilirlik konularını ortadan kaldırmak için iyi tanımlanmış işlemsel inşaat süreci modellerine duyulan ihtiyaç (2) Dijital tasarım verilerinin hesaplanabilir olması ve (3) Anlamlı bilgi oluşturma ve bina bilgi modeli bileşenleri arasında entegrasyonu için iyi geliştirilmiş pratik stratejilere duyulan ihtiyaç. Mevcut durumda YBM'nin nasıl uygulanacağı veya kullanılacağı konusunda net bir fikir birliği yoktur. Diğer birçok inşaat uygulamasından farklı olarak, uygulaması ve kullanımı hakkında talimatlar veren tek bir YBM belgesi yoktur (America's Associated Contractor 2005). Ayrıca, model YBM sözleşme belgelerinin oluşturulmasında çok az ilerleme kaydedilmiştir (Post, 2009). YBM sürecini standartlaştırmaya ve uygulanmasına ilişkin yönergeleri tanımlamaya ihtiyaç vardır. AEC endüstri paydaşları arasında başka bir tartışmalı konu (yani, sahipler, tasarımcılar ve inşaatçılar), yapı bilgi modellerini kimin geliştirmesi ve işletmesi ve geliştirme ve işletme maliyetlerinin nasıl dağıtılması gerektiğidir. YBM performansını optimize etmek için şirketler ya da satıcılar ya da her ikisi de YBM kursiyerlerinin öğrenme eğrisini azaltmanın bir yolunu bulmak zorunda kalacaktır. Yazılım satıcıları, müşterilerin güvenilir ve yönetilebilir bulacağı ve reklamların belirlediği beklentileri karşılayacak kaliteli bir ürün üretme konusunda daha büyük bir engelle sahiptir. Ancak

YBM'nin geleceği hem heyecan verici hem de zorludur. Artan YBM kullanımının AEC endüstrisinde işbirliğini artıracak ve parçalanmayı azaltacağı ve sonuçta iyileştirilmiş performans ve azaltılmış proje maliyetlerine yol açacağı umulmaktadır.

Azhar (2012) YBM'yi, insanları, sistemleri, iş yapılarını ve uygulamaları, proje yaşam döngüsünün tüm aşamalarında israfı azaltmak ve verimliliği optimize etmek için işbirlikçi bir sürece entegre etmek için yeni bir proje teslim yaklaşımı olan Entegre Proje Teslim (EPT) kavramını da desteklemektedir (Glick ve Guggemos, 2009). Eastman ve diğ. (2011) yalnızca 3B veri içeren ve nesne özniteliği olmayan modeller; davranış desteği olmayan modeller; binayı tanımlamak için birleştirilmesi gereken birden fazla 2B CAD referans dosyasından oluşan modeller; ve bir görünümde, diğer görünümlere otomatik olarak yansıtılmayan boyutlarda değişiklik yapılmasına izin veren dijital model türlerinin YBM kategorisine girmediğini belirtmiştir. İnşaat öncesi aşamada YBM uygulamaları; tahmin, saha koordinasyonu ve yapılabirlik analizidir. Makalede üç farklı vaka çalışması yapılarak YBM'nin faydaları anlatılmıştır. İlk vaka çalışmasında (Azhar, 2011) en ekonomik ve uygulanabilir bina düzenini seçmek için Seçenek Analizi yapılmıştır. Proje, Savannah, Georgia, ABD'de bulunan Savannah State University'deki bir yükseköğrenim tesisidir. Bu proje için, mimar ve proje sahibi ile ortak çalışılmış ve üç farklı YBM tabanlı maliyet senaryosu hazırlanıp proje sahibi ile yapılan görüşmelerde en uygun seçenek belirlenerek tasarım aşamasında tasarruf sağlamıştır. YBM kullanımı hızlı, kesin ve bilgili bir karar vermesine yardımcı oldu. İkinci vaka çalışmasında Alabama'daki Auburn Üniversitesi kampüsünde bulunan Wellness Center Binasının güvenlik planlaması ve yönetimi için YBM'nin kullanılmıştır. Proje ekibi, tesisin YBM modelini proje tasarım aşamasında geliştirmiş ve saha koordinasyonu ve inşa edilebilirlik analizi için kullanmıştır. Proje yöneticileri, saha yöneticileri ve taşeronları içeren eşgüdümlü toplantılar yoluyla, olası tüm büyük ve küçük saha tehlikeleri tanımlanır ve uygun azaltma planlarını geliştirdi. Üçüncü vaka çalışmasında çakışma tespitleri yoluyla tasarım hatalarını en aza indirmek için YBM kullanıldı. Proje, Atlanta, Georgia, ABD'deki Emory Üniversitesi kampüsünde 35 milyon dolarlık bir akademik binadır. 2B yapısal ve mekanik, elektrik, tesisat sistemleri çizimlerini alınıp 3B YBM modellerine dönüştürüldü ve tek bir YBM modelline entegre edilip ve inşaat öncesi aşamada çakışma tespitleri yapıp yaklaşık 259.000\$ tasarruf edebildi. İnşaat aşamasında, proje ekibi şu aktiviteler için YBM'i kullanabilir: (1) 4B aşama planlarını kullanarak proje ilerleme takibi; (2) Ticaret koordinasyon toplantıları için; ve (3) YBM modellerinde RFI'lerin entegre edilmesi, siparişlerin değiştirilmesidir. Dikkate

değer YBM uygulamalarından bazıları YBMX®, Bentley Navigator®, Buzzsaw®, vb. gözden geçirme, çarpışma tespiti ve dijital RFI hazırlama gibi saha görevleridir (Rubenstone, 2012). Bir bina bilgi modeli, bir tesis hakkında planlama, tasarım ve inşaat yoluyla geliştiği için eksiksiz bilgiler içerir. Bu bilgiler tesis yöneticileri tarafından işletme sırasında kullanılabilir, böylece bir tesisin işletimi ve bakımı daha verimli hale gelir. Araştırmalar, bir tesisin yaşam döngüsü maliyetinin %85'inin inşaat tamamlandıktan sonra gerçekleştiğini ve işletme ve bakım aşamalarında yetersiz bilgi erişimi ve birlikte çalışabilirlik sorunları nedeniyle yalnızca ABD'de yılda yaklaşık 10 milyar dolar kaybolduğunu göstermektedir (Newton, 2004). Tesis işletmeleri ve yönetimi için YBM'nin bazı ek uygulamaları şunlardır: (1) Bakım iş emri yönetimi; (2) Acil servis talep yönetimi; (3) Alan planlama ve yönetimi; (4) Envanter yönetimi ve denetimleri; (5) Hareket yönetimi; ve (6) Gayrimenkul portföy yönetimi. Proje Paydaşları için YBM proje sahiplerine, tasarımcılarına, yapımcılarına, tesis yöneticilerine ayrı ayrı faydalar sağlamaktadır. Sektör YBM'yi standart olarak benimsemeye devam ettikçe, YBM gelişmeye devam edecektir. Akıllı telefon ve tablet teknolojilerindeki ilerlemeler, kullanıcıların iletişim ve hızlı karar almak için anında YBM modellerinin kullanmasını sağlayacaktır. Bulut teknolojisinin kullanımı arttıkça, proje paydaşlarının hemen her yerde YBM modeline hızlı bir şekilde erişimleri daha kolay olacaktır. Artırılmış gerçeklik ve benzer sanal teknolojilerdeki gelişmeler, proje sahiplerinin ve tesis yöneticilerinin binalarını daha verimli işletmelerini sağlayacaktır.

Olsen (2017) endüstrinin YBM tabanlı metraj çıkarma (QTO) ve tahmini yönünde ilerlemeye başlamasına yeni geliştirilen YBM yazılımlarının yardımcı olduğunu belirtmiştir. Autodesk Revit, Bentley, Vico, Assemble ve Autodesk Navisworks, endüstrinin YBM tabanlı metraj ve tahminlere geçmesine izin veren programlardan sadece birkaçıdır. Bu araştırma, 3 boyutlu modellerin neden bir metraj çıkarımı gerçekleştirmek için gerekli verilerin yüzde 100'ünü içermemesinin ve bir modelin tam bir metraj çıkarılmasına izin verecek bir düzeye kadar geliştirilmesinin pratikliğinin nedenini araştırmaktadır. YBM kullanımı inşaat müteahhitleri arasında çok yaygınlaşmaktadır. 2006 ile 2007 arasında, satışı gerçekleşen Autodesk Revit lisansları iki katına çıktı (Ashcraft, 2008). Veriler, ABD'nin güneydoğusunda ofisleri bulunan inşaat firmalarının çalışanlarına gönderilen bir anketten derlenmiştir. Anket, şirketin yıllık geliri miktarından metraj çıkarımı için kullanılan modellerde mevcut olan ve bulunmayan unsurlara kadar ayrıntılı olarak değişen yirmi beş sorudan oluşuyordu. Anketin amacı, YBM'nin metraj alımında

kullanımı ve YBM tabanlı metraj çıkışının artıları ve eksileri ile ilgili standart uygulamaları geniş bir şekilde tanımlamaktır. Ayrıca, anket yanıtlarını analiz etmek ve yorumlamak için, şirketlerindeki kullanımını ve sınırlamalarını tartışmak üzere YBM tabanlı metraj alım deneyime sahip dört kişiyle görüşüldü. Görüşülen kişiler tarafından bildirilen ortak avantaj, YBM tabanlı metraj alımı hızıdır. Ayrıca YBM ile elde edilen metrajda yuvarlama hataları ve eksiklik olasılığı azalır. Diğer bir faydası ise bir modeli inceleme sürecinde proje yöneticilerine projeyi öğrenme ve risk tanımlama için bir fırsat sunmasıdır. Görüşme yanıtlarına göre, YBM tabanlı metraj alımının en büyük dezavantajı güncel olmayan veya yanlış veriye sahip modellerin düzeltilmesidir. Yazılım karmaşıklığı, metraj için YBM kullanmanın bir diğer dezavantajıdır. Genel olarak, görüşmeler ve anketten elde edilen veriler, YBM tabanlı metraj almanın birçok avantajı olduğunu ve gelecekte daha fazla kullanımının artacağını düşündürmektedir. Ayrıca, modelleme daha ayrıntılı hale geldikçe, modelin tasarımındaki boşluklar da dolmaya başlayacaktır.

Khosakitchalert ve diğ. (2019c) Doğru metrajlar elde etmek için, mümkün olduğunca gerçek yapıya yakın bir YBM modeli oluşturulması gerektiğini belirtmiştir (Bečvarovská, ve diğ., 2017). Bileşik öğeler, metraj alımı gerçekleştirirken sorun yaşayan YBM öğesi kategorilerinden biridir. Bileşik bir eleman, birden fazla malzeme katmanından oluşan bir yapı elemanıdır. Bileşik elemanların örnekleri arasında duvarlar, döşemeler, tavanlar ve çatılar yer alır (Autodesk Knowledge Network, 2018). Bu araştırmaların odak noktası, temel mimari bileşenler olan mimari duvarlar ve zeminlerdir. Bu çalışmada kullanılan YBM yazılımı Autodesk Revit 2018.2'dir ve prototip sistemi Revit'te görsel bir programlama uzantısı olan Dynamo 1.3.3.4111 (YBM Dynamo 2016)'de geliştirilmiştir. Sapmayı göstermek için, “yanlış YBM modelleri” ile “doğru detaylı YBM modelleri” arasındaki malzeme metrajlarının karşılaştırılması yapılır. Doğrulama, aynı üç vaka çalışması ve gerçek bir konut inşaatı projesi kullanılarak gerçekleştirilir. Modelleme yönteminin neden olduğu yanlış metrajları incelemek için, sorunu çözmek için yeni bir yöntem önermeden önce karşılaştırmalı bir çalışma yapılmıştır. Karşılaştırmada üç bina vaka çalışması kullanılmıştır. Farklı ortamlarla ilişkili sapmayı test etmek için, farklı bina şekilleri için üç vaka çalışması tasarlanmıştır. İlk vaka çalışması L şeklinde iki katlı bir evdir. İkinci vaka çalışması U şeklinde iki katlı bir evdir. Üçüncü ve son vaka çalışması I şeklinde üç katlı bir evdir. Metraj sonuçlarını karşılaştırmak için iki grup YBM modeli oluşturulur. Birinci grup, duvarlar ve zeminler için yanlış metrajlara sahip YBM modellerini içeren “yanlış YBM modeli”dir. İkinci grup, doğru metrajlara sahip “doğru

detaylı YBM modeli”dir. Bu grupta, her duvar ve zemin katmanı ayrı bir eleman olarak oluşturulur. Yapılan üç vaka çalışmasında iki YBM modelinden çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Duvar katmanları için sapmalar $\% -10,78$ ila $\%43,18$ arasında değişir. Zemin katmanları için sapmalar $\%0,00$ ila $\%19,09$ arasında değişir. Bu araştırma, YBM tabanlı metraj alım sürecine yardımcı olmak için YBM tabanlı çarpışma tespiti kavramını bütünleştirmektedir (Khosakitchalert ve diğ., 2018). Önerilen yöntem “YBM tabanlı bileşik element metraj alımı iyileştirmesi” (BCEQTI) yöntemi denir. BCEQTI yönteminin açıklaması iki bölüme ayrılmıştır: üst üste binen parçaları ortadan kaldırmak için hesaplama yöntemi ve bitiş katmanları için hesaplama yöntemidir. Önceki karşılaştırmalı çalışmada, yanlış YBM model grubu, doğru detaylı YBM model grubu ile karşılaştırılmıştır. Bu doğrulamada yanlış YBM model grubu, BCEQTI sistemi kullanılarak geliştirilir ve sonuçlar, doğru detaylı YBM model grubu ile karşılaştırılır. BCEQTI sistemi üç ayrı Dinamo senaryosu olarak geliştirilmiştir. İlk senaryo, duvarlar için hesaplama yöntemini kullanarak duvarların üst üste binen kısımlarını ortadan kaldırır. İkinci komut dosyası, katlar için hesaplama yöntemini kullanarak katların üst üste binen kısımlarını ortadan kaldırır. Üçüncü komut dosyası, dış kaplama katmanı için hesaplama yöntemini ve iç kaplama katmanı için hesaplama yöntemini kullanarak duvarların kaplama katmanlarını hesaplar. Karşılaştırma, BCEQTI sisteminin incelenen her durumda ve her bir katmandaki sapmayı azaltabildiğini göstermektedir. Çoğu durumda, BCEQTI sistemi tarafından geliştirilen hatalı YBM modelleri, doğru detaylı YBM model grubu olan taban çizgisine kıyasla $\pm\%1$ 'den daha az bir eleman katmanı sapmasına sahiptir. Sadece tuvalet zemini tabakasının sapması $\%2,32$ ila $\%2,73$ arasında değişmektedir. Bu doğrulamada kullanılan gerçek konut inşaatı projesi, yazarlardan biri tarafından tasarlanan iki katlı bir konut yapısıdır. Bina Bangkok, Tayland’da bulunmaktadır. Toplam 1.000 m^2 taban alanına sahip iki katlı bir binadır. Bu bina betonarme bir çerçeve yapısına sahiptir. Tipik kolon boyutu $300 \times 300 \text{ mm}$ 'dir. Kirişlerin derinlikleri kolon açıklıklarına göre değişir. İlk katın yüksekliği $4,50 \text{ m}$, ikinci katın yüksekliği $3,50 \text{ m}$ 'dir. Tavan yüksekliği her odada farklılık gösterir. İlk katın tavan yükseklikleri $2,35 \text{ m}$ ile $3,60 \text{ m}$ arasında, ikinci katın tavan yükseklikleri $2,75 \text{ m}$ ile $3,00 \text{ m}$ arasında değişmektedir. Binada 8 duvar kaplama malzemesi ve 17 kat kaplama malzemesi bulunmaktadır. Her duvarın her iki tarafında duvar sıvası vardır. Duvarın dış cepheye maruz kalan tarafı, dış sıva malzemesi ile kaplıdır. Duvarın iç kısma maruz kalan tarafı iç sıva malzemesi ile kaplıdır. Tuvaletteki duvarların duvar sıva tabakasının üzerinde bir karo tabakası vardır. Bu binada yedi tuvalet bulunmakta, beşi farklı duvar ve zemin malzemelerine sahiptir ve iki tuvalet aynı duvar ve

zemin malzemesini paylaşmaktadır. Bu onaylamanın amaçları, BCEQTI sistemini gerçek bir bina projesine uygulandığında test etmek ve BCEQTI sistemi tarafından geliştirilen YBM modelinin performansını, doğru ve zamanında incelemektir. Önceki karşılaştırmaya benzer şekilde, malzeme katmanlarının çoğu için yanlış YBM modelinin malzeme metrajları, doğru ayrıntılı YBM modeline kıyasla önemli sapmalara sahiptir. Sapmalar malzeme katmanları arasında değişiklik gösterir. Duvar katmanları için sapmalar %5,31 ila %100,85 arasında değişir. Zemin katmanları için sapmalar %0,00 ila %18,48 arasında değişir. En fazla saptmaya sahip olan malzeme tabakası, %100,85 saptmaya sahip olan duvar tuvalet döşemesi tabakasıdır. Bunun nedeni, tasarlanan tavan yüksekliğinin yerden zeminden çok daha düşük olmasıdır. En az saptmaya sahip malzeme tabakası, yer karosu tabakasıdır. Çünkü bu zeminin duvarlarla veya kolonlarla kesişimi yoktur. BCEQTI sistemini yanlış YBM modeline uyguladıktan sonra, duvar katmanlarındaki sapmalar %−0,88 ila %0,57 aralığında azalır. Zemin tabakasının sapmaları %−0,32 ila %2,35 aralığında azalır. Malzeme tabakalarının çoğunda, sapma $\pm\%1$ 'den azdır. Doğruluk, önceki üç vaka çalışmasındakine benzemektedir. Buna göre, sistem bu karmaşık YBM modeline sorunsuz bir şekilde uygulanabilir, ancak yürütme süresi basit YBM modellerine göre biraz daha uzun olmuştur. Doğru detaylı YBM modelinin modelleme süresi 30 saat 30 dakikadır, yanlış YBM modelinin modelleme süresi 14 saat 35 dakikadır. Hatalı YBM modeli, doğru ayrıntılı YBM modelinden %50'den daha hızlı inşa edilmiştir. Toplam komut dosyası yürütme süresi 2 dak 32,97 s'dir. Hatalı YBM modelleme süresi ile birleştirildiğinde, BCEQTI sistemi tarafından geliştirilen hatalı YBM modelini oluşturmak için kullanılan toplam süre yaklaşık 14 saat 38 dakikadır ve bu hala doğru detaylı YBM modelinin modelleme süresinden çok daha hızlıdır. BCEQTI yönteminin prensibi benzer sorunları olan diğer YBM eleman kategorilerine uygulanabilir. Örneğin, yapısal elemanların kesiştiği beton hacimlerinin bulunmasına veya yapısal elemanların yüzeylerinden kalıp alanlarının bulunmasına uygulanabilir. Bununla birlikte, BCEQTI yönteminin bazı sınırlamaları vardır. Bazı koşullarda, birden fazla malzemedan oluşan dış duvar kaplama yüzeyleri ve belirli bir odada birden fazla malzemedan oluşan iç duvar kaplama yüzeyleri gibi farklı malzemeleri ayıramaz. Ayrıca, BCEQTI yöntemini uyguladıktan sonra düzenlenmeyen YBM modelleri, diğer yazılım ürünlerinde kullanıldığında yanlış metraj alım sonuçlarına neden olabilir. Bu sorunu önlemek için, metraj alım sonuçları YBM modeline gömülebilir veya YBM modeline bağlanabilir. Ayrıca, önerilen yöntemin yüzeyleri YBM modelindeki bileşenlere dönüştürülebilir.

Kim (2014) İskele sistemleri, kalıp ve taşıyıcı sistemler gibi geçici tesisler, çoğunlukla dökme malzemelerin yerleştirilmesine yardımcı olan yapılardır. Çoğu inşaat projesinde geçici tesisler sıklıkla kullanılmaktadır ve inşaat güvenliği, kalitesi, hızı ve karlılığı geçici tesislerden etkilenmektedir (Ratay, 1987). Ratay'a göre inşaat sırasında geçici tesislerin göçmesi nedeniyle birçok inşaat felaketi meydana gelmektedir. Ayrıca, İnşaat Sanayi Enstitüsü (CII) yakın tarihli bir araştırma çalışmasında, geçici tesislerin dolaylı inşaat maliyetlerine ait en büyük dört ana maliyet kategorisinden birini oluşturduğunu vurgulamıştır (Construction Industry Institute, 2012). Geçici tesislerin planlanmasını otomatikleştirmek için otomatik kural tabanlı bir bina modeli kontrol sistemi geliştirildi. Kural tabanlı kontrol yaklaşımı, mevcut dijital model geometrisindeki özellikleri tanıyan tekniklerden biridir. Özellik tanıma (FR) teknikleri genellikle model tarafından açıkça ifade edilmeyen önemli özellikleri ayıklamak için kullanılır. Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) sistemlerinden elde edilen özellikler, bilgisayar destekli analiz veya otomatik üretim süreci planlama sistemlerinin girdisi olarak kullanılır. Zamandan tasarruf ederler ve olası insan hatalarını azaltırlar (Zhang ve diğ., 2009). Bu çalışmada kural tabanlı bir sistemin uygulanmış olup bunun amacı: şantiye koşullarını otomatik olarak değerlendirmek, iskele sistemleri gerektiren proje yerlerini ve çizelgelerini belirlemek ve otomatik ve etkileşimli çözümler sunmaktır. Önerilen kural tabanlı sistem iki ana bölümden oluşmaktadır. Birincisi, kural tabanlı model geometri yorumlamasını uygulayan algoritmadır. Diğeri, geometri yorumundan elde edilen bilgileri kullanan ve iskele tasarımını üreten, modele dâhil eden ve kullanım raporlarını üreten tasarım ve planlama algoritmasıdır. Geometri yorumlama işlemi dört adımdan oluşur: (a) nesne ayrışması, (b) çalışma yüzünün bileşimi, (c) çalışma yüzünün bağlanması ve (d) iskele alanı belirtimidir. Geliştirilen sistem, her bir iskele sistemi tasarımına gerekli malzemelerin raporunu otomatik olarak oluşturmak için Tekla Structure Uygulama Programlama Ara yüzünü (API) kullanır. Tekla Structure mevcut yetenekleri, iskele sistemlerini içeren inşaat sırasını görselleştirmek ve iskele sistemi malzemelerinin proaktif olarak tedarik edilmesine yardımcı olmak için kullanıldı. Çeşitli test modelleri ile denemeler yapıldıktan sonra, kural tabanlı iskele planlama sistemi bir yaşam inşaat projesinde kullanılan bir YBM'de uygulandı ve onaylandı. Üç katlı tıbbi tesis, örneğin tuğla örtü ve perde duvar montajı gibi dış işler için yaygın olarak iskele sistemlerini kullanmıştır. Her duvar nesnesinin geometrik özelliklerini ve bitişik duvarlara ve levhalara göreceli konumunu kullanarak saha koşullarını analiz etmek için geometrik muhakeme algoritması uygulandı. Olguların çoğunda, geliştirilen geometrik akıl yürütme algoritması bina modelinden çalışma yüzlerini

başarıyla tespit etti. Ayrıca, tespit edilen çalışma yüzlerini doğru bir şekilde bağladı, böylece bitişik iskele pratik ve ekonomik yollarla birleştirildi. Geliştirilen algoritma 61 duvar nesnesinden 80 çalışma yüzü algıladı. Modelde gerçekte mevcut olan iş yüzlerinin manuel sayısı 84 iken, sadece 72'si (%85) doğru olarak tanınmıştır. Geometrik muhakeme algoritması sekiz yanlış pozitif sonuç verdi (yanlış şekillerde gerekli olmayan veya tespit edilmeyen çalışma yüzleri tespit edildi). Ek olarak, dört yanlış negatif tespit edildi (algoritma gerekli çalışma yüzlerini tespit etmedi). Sekiz yanlış pozitif, karmaşık mekânsal koşulları tespit etmek ve çözmek için algoritmanın eksikliğinden, dört yanlış negatif ise levhaların kısmen duvarların yüzleriyle kesişen kısımlarından kaynaklanmıştır. Bu nedenle geliştirilen algoritmanın başarı oranı büyük ölçüde sağlanan modelin karmaşıklığına bağlıdır. Düzensiz zemin seviyeleri veya modelde aynı noktada kesişen şekiller gibi karmaşık geometrik koşullar şu anda burada sunulan gibi otomatik olarak üretilen çözümlerin performansını etkilemektedir. Birbirine bitişik tespit edilen çalışma yüzlerinden bazıları, üst üste gelen iskele alanları veya bina nesneleriyle çarpışmalarla sonuçlanmıştır. Geliştirilen algoritmanın bu kusurları pratik olmayan iskele tasarım çözümlerinin üretilmesine yol açar. Bu sorunlar yaşanmış olsa da, mevcut çarpışma algılama kontrol algoritmalarının uygulanması en azından kusurun yerini belirleme sorununu çözebilir. Gelecekteki araştırmalar, bilgi modelleri oluşturmada sık sık ortaya çıkması muhtemel karmaşık şekiller için çözülebilecek hesaplama algoritması geliştirmeye odaklanmalıdır. Sunulan vaka çalışması ayrıca iskele tasarımı ve yapımında olası inşa edilebilirlik konularını da tanımladı. Sunulan araştırmanın en büyük katkısı, iskele sistemlerinin tasarımı ve planlanmasındaki sürecin otomasyonundadır. Geometrik ve geometrik olmayan koşullar ve yapım programı, önceden tanımlanmış kurallara veya yaygın olarak bilinen ve uygulanan en iyi endüstri uygulamalarına göre otomatik olarak yorumlandı. Böylece, gelecekte, iskele sistemleri için potansiyel olarak doğru planlar daha tutarlı bir şekilde oluşturulabilir ve hataya meyilli manuel çabalara nihayetinde daha belirgin bir şekilde yardımcı olabilir veya azaltılabilir. Buna ek olarak, geliştirilen sistem, YBM'de daha öngörülebilir metraj alımı sağlayarak karar vericilere yardımcı olmak için iskele sistemleri için gerekli malzemeleri tahmin edebilmektedir. Gelecekteki araştırmalar, karmaşık yapı geometrisinden gerekli iskele sistemlerini tespit etmek için daha kapsamlı kurallar geliştirmeye odaklanabilir. Buna göre, çeşitli geometrik koşulları değerlendirmek ve karşılık gelen iskele tasarımlarını üretmek için daha karmaşık algoritmalar geliştirilmelidir. Duvar yapımı ve boyama gibi genellikle iskeleler gerektiren özel iş görevleri için iskele sistemlerine odaklanma konusunda başka potansiyel vardır. Geçici

tesis planlamasının otomatikleştirilmesi için önerilen yaklaşım, farklı inşaat faaliyetlerinin özellikleri için zelleřtirilmiřse, bu tür somut faydalar da sağlayabilir.



3. YÖNTEM

Düzgün geometriye sahip yüzeyler için karo eni ve boyunun aynı veya farklı boyutta olma durumlarına göre yerleştirme alternatifleri bulunmaktadır. Malzemenin kare olması durumunda odanın X yönü ve Y yönünde kaplamanın dizilmesi bir fark getirmemektedir. Fakat kaplama malzemesi dikdörtgen ise kaplamanın uzun veya kısa kenar yönünde dizilmesi farklı sonuçlar vermektedir. Kaplamanın X doğrultusunda kısa kenarı ile dizilmesi veya uzun kenarı ile dizilmesi olmak üzere 2 farklı biçimde yerleştirilme alternatifi bulunmaktadır. Kaplama malzemesi kare ise yerleştirme doğrultusunun son kısmının tam gelmemesi sonucu ortaya çıkan kesilmiş malzeme hem dizildiği doğrultuda hem de dizilme doğrultusuna dik doğrultuda kullanılabilir. Tüm kaplama diziliş örüntüleri için zayıt ve işçilik miktarları hesaplanarak en az malzeme israfına yakın veren örüntünün belirlenmesi amaçlanmıştır.

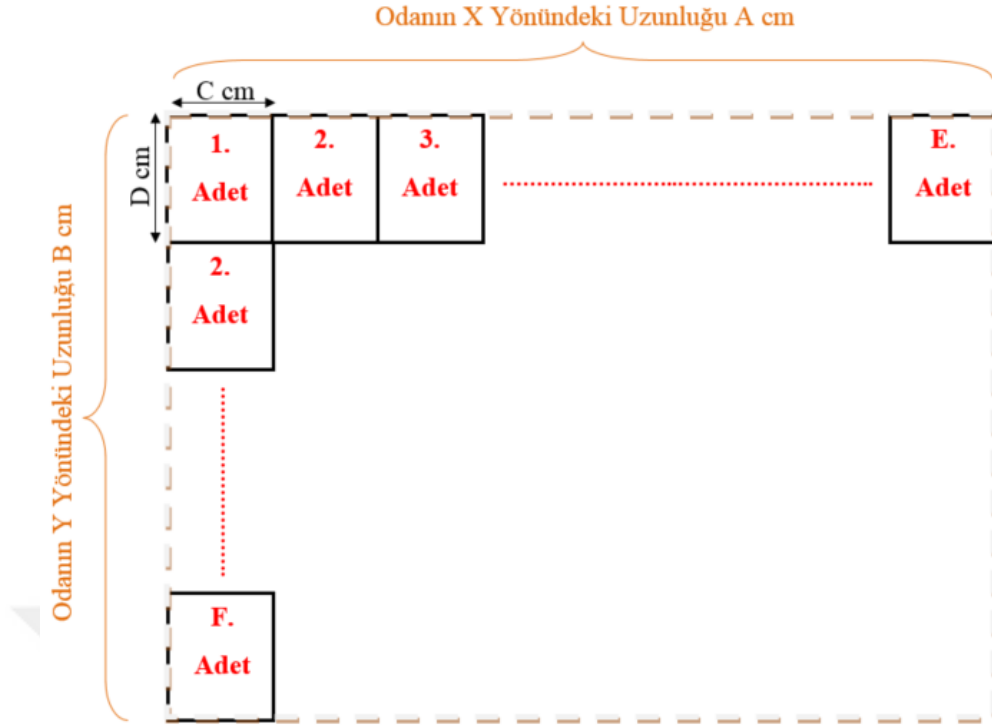
Malzeme israfı hesaplamaları sırasında odanın X ve Y yönündeki boyutları sırası ile A ve B olarak ifade edilmektedir. Yer kaplaması olarak kullanılan malzemenin bir adedinin boyutları ise sırası ile C ve D ile ifade edilmektedir. X yönünde C ebadındaki karoların A boyutundaki odaya kesilmeden yerleştirilebilecek karo malzemesi sayısı Eşitlik 3.1 ile hesaplanır.

$$E = \left\lfloor \frac{A}{C} \right\rfloor \quad (3.1)$$

Eşitlik 1'de $\lfloor \rfloor$ ifadesi aşağı yuvarla anlamındadır. Y yönünde D ebadındaki karoların B boyutundaki odaya kesilmeden yerleştirilebilecek karo malzemesi ise Eşitlik 3.2 ile hesaplanır.

$$F = \left\lfloor \frac{B}{D} \right\rfloor \quad (3.2)$$

Kesilmeden yerleştirilen fayansların ve mekânın durumu Şekil 3.1'de gösterilmektedir.

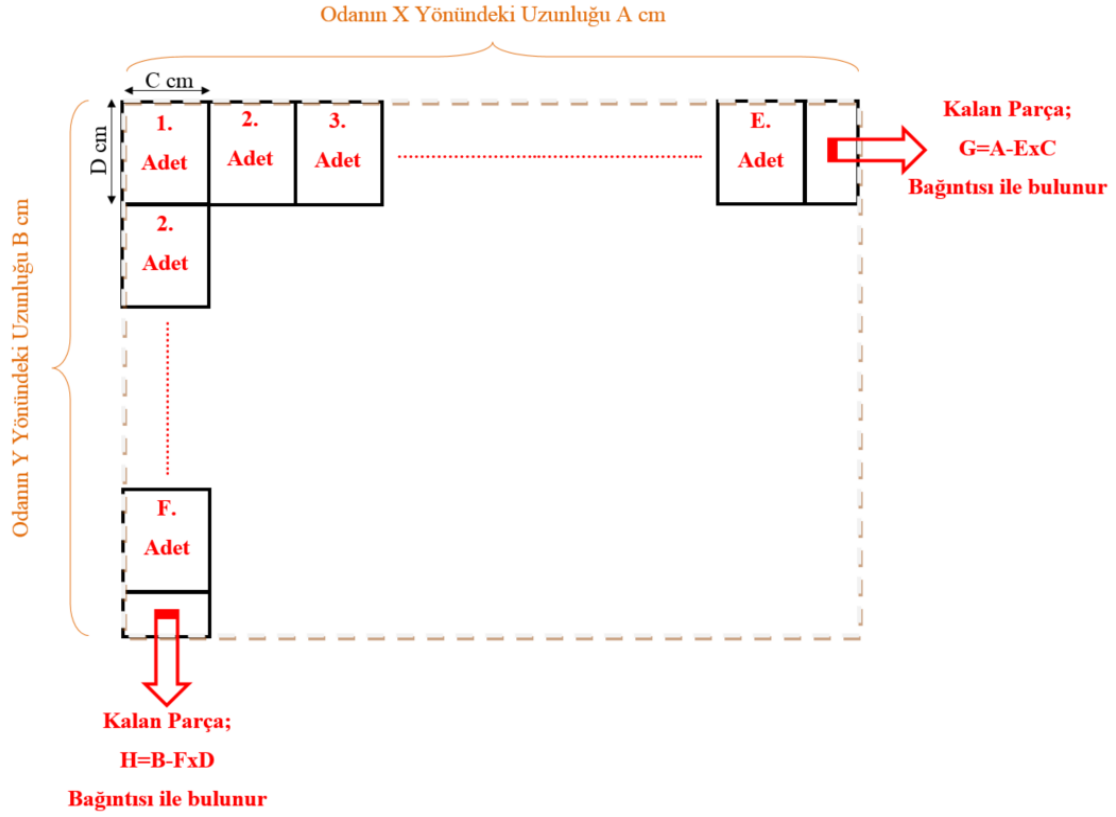


Şekil 3.1 : Kesilmeden odaya yerleştirilebilen karoların gösterimi

Kaplama malzemesinin döşendiği yüzey, malzemenin kenar uzunluğunun her zaman tamsayı katında olmayabilir. Bu durumda X ve Y yönlerinde sırası ile E ve F adet kaplama malzemesi yüzeye yerleştirildiğinde sırası ile G ve H büyüklüğünde boşluk kalacaktır. Eşitlik 3.3 ve 3.4'te G ve H'nin hesaplanması gösterilmektedir.

$$G = A - E * C \quad (3.3)$$

$$H = B - F * D \quad (3.4)$$



Şekil 3.2 : Kalan parça boyutunun hesaplanması

Mekânın tamamının kaplanabilmesi için kaplama malzemesinin X ve Y yönlerinde sırası ile G ve H boyutlarında kesilmesi gereklidir. Kaplama malzemesi kesildikten sonra yüzeye yerleştirilen ve arta kalan olmak üzere iki parçaya ayrılır. Arta kalan karo parçası bir sonraki eksik parça için kullanılmaya yeterli ise bir sonraki sırada kullanılabilir fakat boyutunun yetersiz olması durumunda zayi olur. Arta kalan parçanın uzunluğu bir alt sıradaki eksik kalan parçaya eşit veya büyük ise bu parça alt kısımda kullanılmaya devam edilecektir ancak eksik kalan kısımdan küçük olması durumunda tekrar bir adet karo kesilip eksik kalan parçanın yerine konulacaktır. Bir adet kesilmemiş karonun X yönünde eksik kalan uzunlukların kaç tanesini kaplayabileceği eşitlik 3.5’de gösterilmektedir.

$$\gamma_X = \left\lfloor \frac{C}{G} \right\rfloor \quad (3.5)$$

Eşitlik 3.5’te γ_X X yönünde bir adet kesilen karonun kaç adet eksik kalan kısmı kapatılacağını belirtmektedir. X yönünde kalan G genişliğindeki boşluğu kapatmak için kaç adet karonun kullanılması gerektiği eşitlik 3.6’da gösterilmektedir.

$$\gamma_B = \left\lfloor \frac{B}{D} \right\rfloor \quad (3.6)$$

Eşitlik 3.6’da $\lceil \rceil$ simgesi yukarı yuvarla fonksiyonunu, γ_B ise X yönünde oluşan boşluğu kapatmak için kaç adet kesilmiş fayansa ihtiyaç duyulacağını ifade etmektedir. G büyüklüğündeki boşluğun doldurulması için kaç adet fayansın kesilmesinin gerektiği Eşitlik 3.7’de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$I = \left\lceil \frac{\gamma_B}{\gamma_X} \right\rceil \quad (3.7)$$

Eşitlik 3.7 de I , X yönünde fayanslar dizilirken oluşan boşluğun kaç adet tüm fayansın kesilerek doldurulabileceğini belirtmektedir. Bu hesaplama sonucu X yönünde oluşan G genişliğindeki boşluk kapatılmış olacaktır. Y yönünde oluşan H genişliğindeki boşluğu kapatmak için 1 adet kesilmemiş karonun Y yönünde kaç adet boşluk kaplayabileceği Eşitlik 3.8’de gösterilmektedir.

$$\gamma_Y = \left\lfloor \frac{D}{H} \right\rfloor \quad (3.8)$$

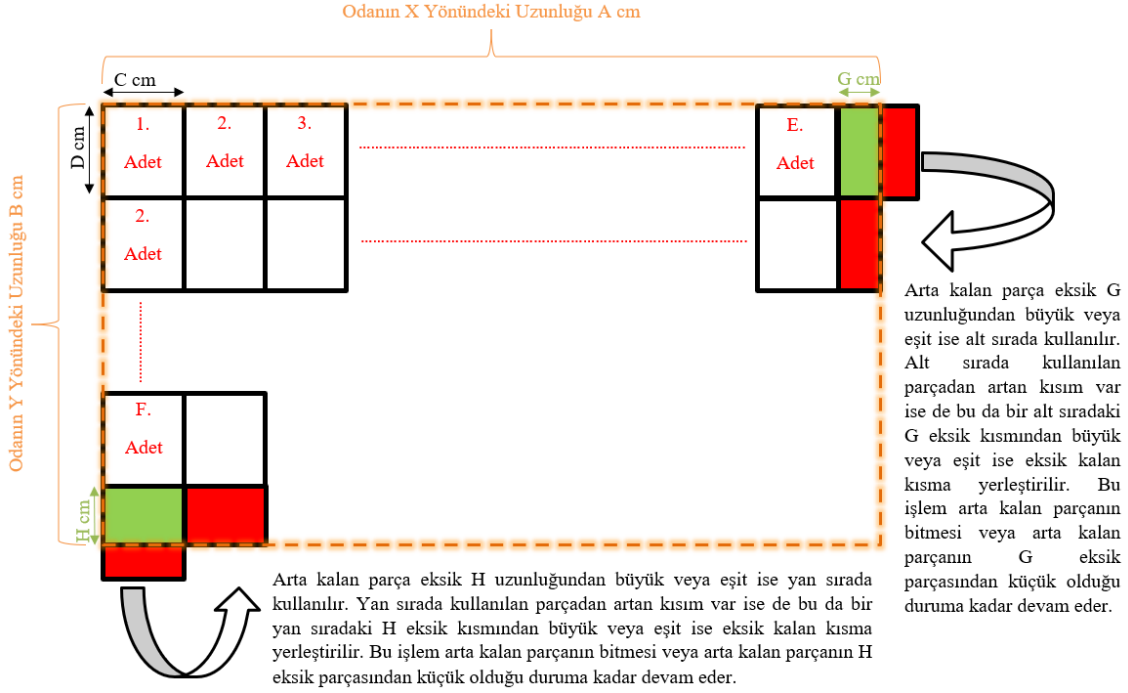
Eşitlik 3.8’de γ_Y 1 adet karonun kaç adet Y yönünde eksik kalan kısmı kapatabildiğini ifade etmektedir. Aynı doğrultudaki oda uzunluğu A ile ifade edildiği ve yer döşemesinin C boyutu bu doğrultuda yerleştirildiği için kaç adet kesilmiş karonun yerleştirileceği eşitlik 3.9 ile hesaplanır.

$$\gamma_A = \left\lfloor \frac{A-G}{C} \right\rfloor \quad (3.9)$$

Eşitlik 3.9’dan elde edilen değer Eşitlik 3.8’den elde edilen bir adet karonun Y yönü için kaç adet eksik kısmı kapatabileceği değerine bölünerek Y yönünde eksik kalan kısmı doldurmak için kaç adet yer döşemesi kullanılması gerektiği Eşitlik 3.10’da gösterildiği gibi hesaplanır.

$$J = \left\lceil \frac{\gamma_A}{\gamma_Y} \right\rceil \quad (3.10)$$

Eşitlik 3.10’da J , Y yönünde eksik kalan kısmı doldurmak için gereken karo sayısını ifade etmektedir. I ve J parametreleri sırası ile X ve Y yönleri için arta kalan parçanın kesilerek dizildiği doğrultuda yerleştirilebilmesi için kaç adet tam fayansın kesilmesi gerektiğini belirtmektedir. Fayansların kesilip yerleştirilmesi Şekil 3.3’te gösterilmiştir. Belirtilen yerleştirme düzeninde $E \cdot F + I + J$ adet fayans kullanılır.



Şekil 3.3 : Arta kalan parçaların eksik kalan kısımlarda değerlendirilmesi

Fayansın dizilmesi X yönüne göre değil Y yönüne göre yapılırsa Eşitlik 3.6, Eşitlik 3.11’de gösterilen duruma gelir.

$$\gamma_B = \left\lceil \frac{B-H}{D} \right\rceil \quad (3.11)$$

Eşitlik 3.9 ise eşitlik 3.12’de belirtilen hali alır.

$$\gamma_A = \left\lceil \frac{A}{C} \right\rceil \quad (3.12)$$

Diğer eşitlikler olduğu gibi uygulandığında kullanılacak fayans adedi $E \cdot F + I + J$ ile hesaplanır.

İncelenen 2 durumun yanı sıra eksik kalan yer döşeme uzunluğunu kaplamak için X yönünde kesilen karonun Y yönünde veya Y yönünde kesilen karonun X yönünde kullanılabilme durumu da incelenmiştir. X ve Y yönlerinde eksik kalan kısım için kesilen karonun arta kalan malzemeleri eşitlik 3.13 ve 3.14’te gösterilmektedir.

$$M = C - G \quad (3.13)$$

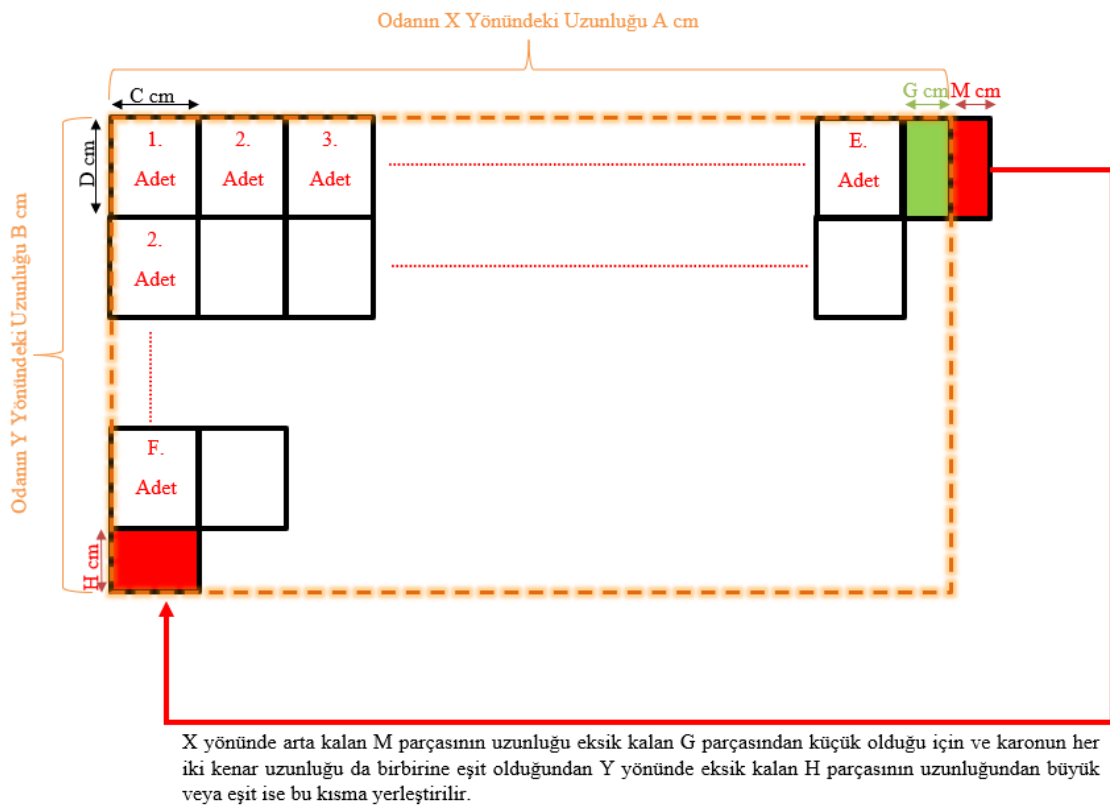
$$N = D - H \quad (3.14)$$

Eşitlik 3.13 ve 3.14’te elde edilen M ve N boyutları kesilerek arta kalan parçaların dik yönlü doğrultuda eksik kalan kısım için de kullanılabilirliğinin belirlenmesinde

sorgulanacaktır. Belirtilen işlemler yer kaplama elemanın kare veya dikdörtgen olma durumları için ayrı şekilde incelenecektir.

Kare biçiminde yer kaplama elemanı için $C=D$ koşulu oluşacaktır. X yönünde karo boyutları için kesilip artan parçanın Y yönünde kullanılabilme koşulu $M \geq H$ 'dir. Koşul sağlanıyorsa X yönünde arta kalan M boyutlu parçaların 1 adedinden karşı yönde kaç adet boşluğa yerleştirilebileceğinin sayısı Eşitlik 3.15'te ifade edildiği gibi hesaplanır. Fayansların kesilip yerleştirilmesi Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

$$O = \begin{cases} \left\lfloor \frac{M}{H} \right\rfloor & \text{eğer } M \geq H \\ 0 & \text{eğer } M < H \end{cases} \quad (3.15)$$

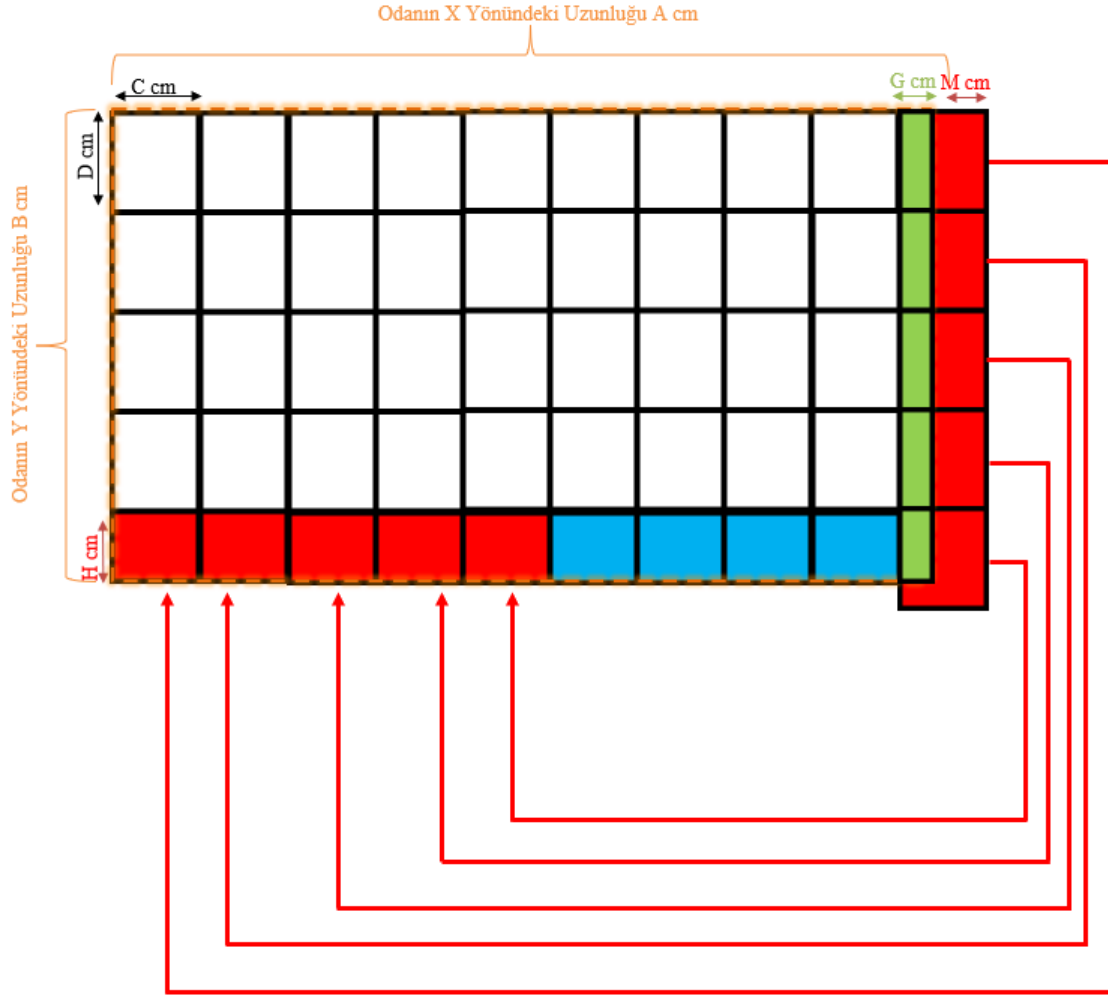


Şekil 3.4 : $C=D$ olması durumunda arta kalan parçanın eksik kalan karşı kısma yerleştirilmesi

Y yönünde arta kalan N boyutlu parçaların 1 adedinden karşı yönde kaç adet boşluğu yerleştirilebileceğinin sayısı Eşitlik 3.16'da ifade edildiği gibi hesaplanır.

$$P = \begin{cases} \left\lfloor \frac{N}{G} \right\rfloor & \text{eğer } N \geq G \\ 0 & \text{eğer } N < G \end{cases} \quad (3.16)$$

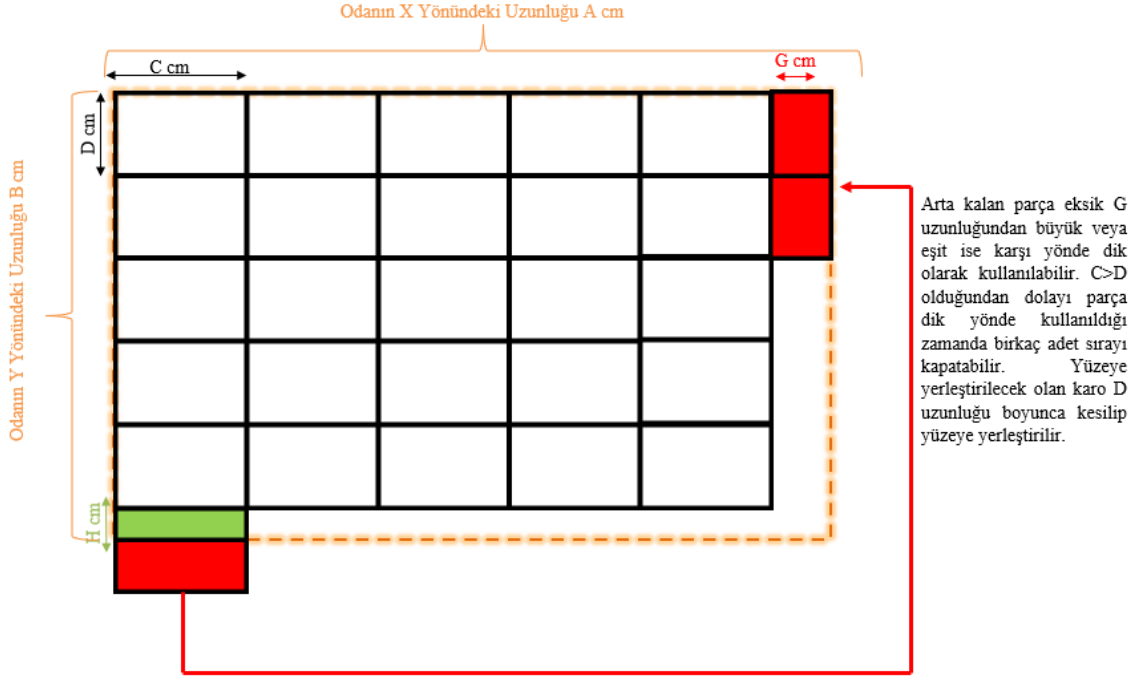
X ve Y yönünde arta kalan 1 adet karonun dik doğrultuda yerleştirildiğinde kaç adet boşluğu kapattığı Eşitlik 3.15 ve 3.16’da hesaplanmıştır. Arta kalan malzeme her zaman dik doğrultudaki alanı kaplamaya yetmez. Bu durumda eksik kalan kısma kesilmemiş karolar Şekil 3.5’te mavi renk ile gösterilen kısma kesilerek yerleştirilir ve yüzeyler kaplanır.



Şekil 3.5 : Arta kalan parçanın eksik kalan karşı kısma yerleştirilmesi ve eksik kalan kısımlarında tamamlanması

Eşitlik 3.15 ve 3.16 $C=D$ yer kaplaması elemanı boyutları için geçerlidir. Karo farklı boyutlarda da olabilmektedir. Bu durumunda karonun $C > D$ ve $C < D$ durumlarının ayrıca değerlendirilmesi gerekmektedir. Karo Boyutu $C > D$ olması durumunda 1 adet karo parçasının kaç adet boşluğu kapatacağı eşitlik 3.17’de ifade edildiği gibi hesaplanır. Fayansların kesilip yerleştirilmesi Şekil 3.6’te gösterilmiştir.

$$R = \begin{cases} \left\lfloor \frac{N}{G} \right\rfloor * \left\lfloor \frac{C}{D} \right\rfloor & \text{eğer } N \geq G \\ 0 & \text{eğer } N < G \end{cases} \quad (3.17)$$



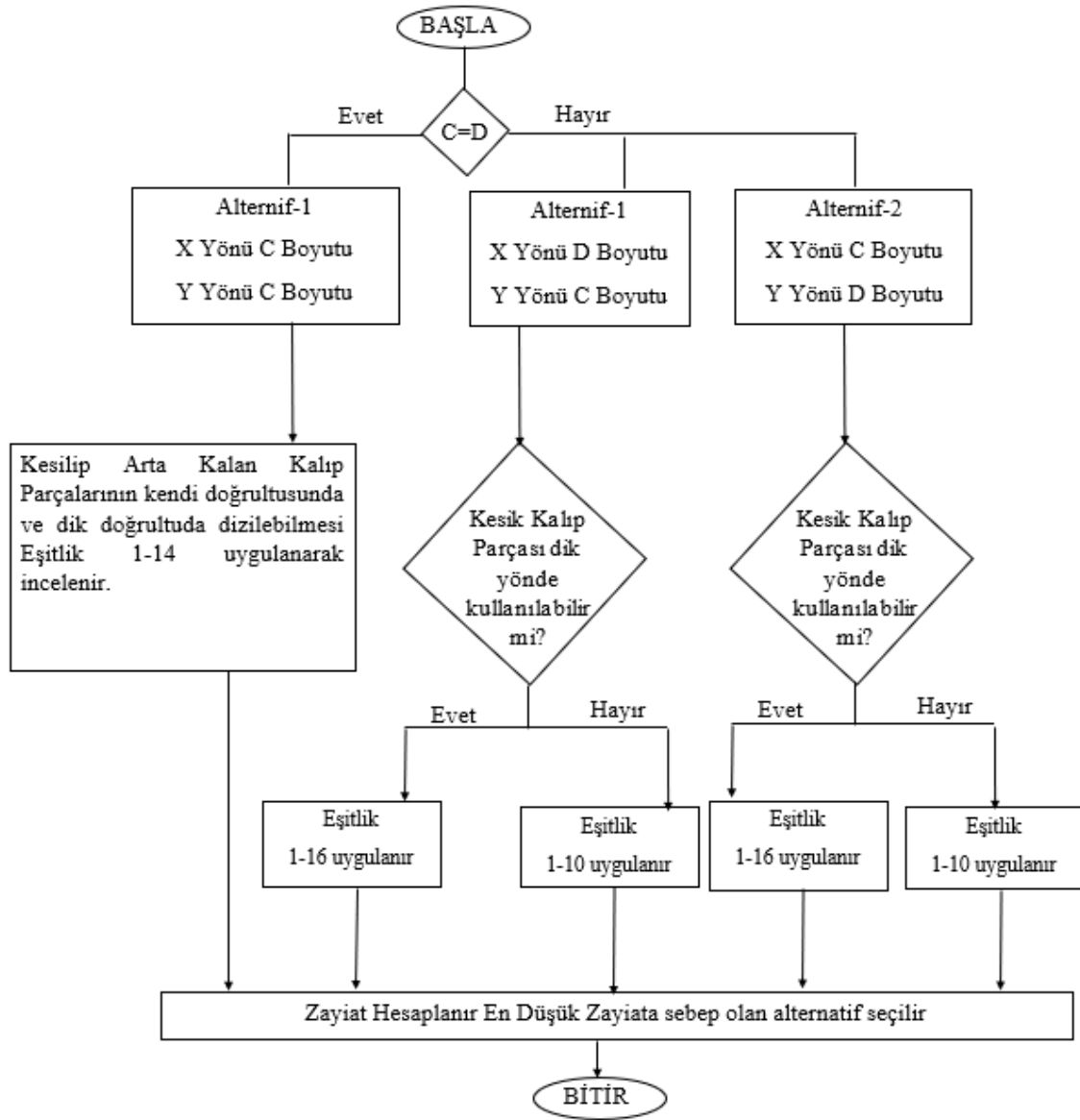
Şekil 3.6 : C>D olması durumunda arta kalan parçanın eksik kalan karşı kısma yerleştirilmesi

Karo Boyutu C<D olması durumunda 1 adet karo parçasının kaç adet boşluğu kapatacağı Eşitlik 3.18’de gösterildiği gibi hesaplanır.

$$S = \begin{cases} \left\lfloor \frac{M}{H} \right\rfloor * \left\lfloor \frac{D}{C} \right\rfloor & \text{eğer } M \geq H \\ 0 & \text{eğer } M < H \end{cases} \quad (3.18)$$

X ve Y yönünde arta kalan 1 adet karonun dik doğrultuda kaç adet boşluğu kapattığı Eşitlik 3.17 ve 3.18’de hesaplanmıştır. Arta kalan malzeme her zaman dik doğrultudaki alanı kaplamaya yetmez. Bu durumda eksik kalan kısma kesilmemiş karolar kesilerek yüzeyler kaplanmaktadır. Kullanılacak toplam karo miktarı E*F + R + S ile hesaplanır.

En düşük malzeme zayıatını veren karo yerleştirme örüntüsünü hesaplayan algoritmanın akış şeması Şekil 3.7’de sunulmuştur.



Şekil 3.7 : En az malzeme zayıatını belirleyen algoritmanın akış şeması

4. VAKA ANALİZİ

Önerilen yöntemin uygulanabilirliğini denemek amacıyla düzgün yüzeyli bir oda planı ile odanın herhangi bir köşesinde bulunan odanın düzgün geometrisini bozan şaft boşluğu bulunması halinde ayrı ayrı vaka analizleri gerçekleştirilmiştir.

Vaka analizinin birincisinde düzgün geometriye sahip odanın kenar uzunlukları kullanılacak olan karonun kenar uzunluklarının katı şeklinde olup, kare ve dikdörtgen şeklinde yer döşemesinin odaya X ve Y yönünde yerleştirilmesi hesaplanmıştır.

Vaka analizi ikide düzgün geometriye sahip odanın bir kenar uzunluğu karonun bir kenar uzunluğunun katı olup, odanın diğer kenar uzunluğu da karonun diğer kenar uzunluğunun katı olmadığı durumda kare ve dikdörtgen şeklinde yer döşemesinin odaya X ve Y yönünde yerleştirilmesi hesaplanmıştır.

Vaka analizi üçte düzgün geometriye sahip odanın kenar uzunlukları kullanılacak karonun kenar uzunluklarının katı olmadığı durumda kare şeklindeki yer döşemesinin odaya yerleştirilmesi hesaplanmıştır.

Vaka analizi dörtte düzgün geometriye sahip odanın kenar uzunlukları kullanıcak karonun kenar uzunluklarının katı olmadığı durumda dikdörtgen şeklindeki yer döşemesinin odaya X ve Y yönünde yerleştirilmesi hesaplanmıştır.

Vaka analizi beşte odanın kenar uzunlukları kare biçimdeki karonun kenar uzunlukların katı olduğu ve odanın düzgün geometrisini bozan köşe noktaların herhangi bir yerinde bulunan şaft boşluklu bir oda da kare yer döşemesinin yerleştirilmesi hesaplanmıştır.

Vaka analizi altıda odanın kenar uzunlukları dikdörtgen biçimdeki karonun kenar uzunlukların katı olduğu ve odanın düzgün geometrisini bozan köşe noktaların herhangi bir yerinde bulunan şaft boşluklu bir oda da kare yer döşemesinin yerleştirilmesi hesaplanmıştır.

Vaka analizi yedide odanın bir kenar uzunluğu kare biçimdeki bir karonun kenar uzunluğunun katı olup, odanın diğer kenar uzunluğunun kare biçimindeki bir karounu kenar uzunluğunun katı olmadığı ve odanın düzgün geometrisini bozan köşe noktaların herhangi bir yerinde bulunan şaft boşluklu bir oda da kare yer döşemesinin yerleştirilmesi hesaplanmıştır.

Vaka analizi sekizde odanın bir kenar uzunluğu dikdörtgen biçimdeki bir karonun kenar uzunluğunun katı olup, odanın diğer kenar uzunluğunun dikdörtgen biçimindeki bir karounun diğer kenar uzunluğunun katı olmadığı ve odanın düzgün geometrisini bozan köşe

noktaların herhangi bir yerinde bulunan şaft boşluklu bir oda da dikdörtgen yer döşemesinin yerleştirilmesi hesaplanmıştır.

Vaka analizi dokuzda odanın iki kenar uzunluğunda kare biçimindeki bir karonun kenar uzunluğunun katı olmadığı ve odanın düzgün geometrisini bozan köşe noktalarının herhangi bir yerinde bulunan şaft boşluklu bir oda da kare yer döşemesinin yerleştirilmesi hesaplanmıştır.

Vaka analizi onda odanın iki kenar uzunluğunda dikdörtgen biçimindeki bir karonun kenar uzunluğunun katı olmadığı ve odanın düzgün geometrisini bozan köşe noktalarının herhangi bir yerinde bulunan şaft boşluklu bir oda da kare yer döşemesinin yerleştirilmesi hesaplanmıştır.

Vaka analizi onbirde düzgün geometriye sahip odanın kenar uzunlukları kullanılacak olan döşeme kalıbının kenar uzunluklarının katı olmadığı durumda kare şeklindeki kalıbın odaya yerleştirilmesi hesaplanmıştır.

Vaka analizi onikide düzgün geometriye sahip odanın kenar uzunlukları kullanılacak olan döşeme kalıbının kenar uzunluklarının katı olmadığı durumda dikdörtgen şeklindeki kalıbın odaya yerleştirilmesi hesaplanmıştır.

Vaka analizi onüçde odanın iki kenar uzunluğunda kare biçimindeki bir döşeme kalıbının kenar uzunluğunun katı olmadığı ve odanın düzgün geometrisini bozan köşe noktalarının herhangi bir yerinde bulunan kolon dişli bir oda da kare döşeme kalıbının yerleştirilmesi hesaplanmıştır.

Vaka analizi öndörtte odanın iki kenar uzunluğunda dikdörtgen biçimindeki bir döşeme kalıbının kenar uzunluğunun katı olmadığı ve odanın düzgün geometrisini bozan köşe noktalarının herhangi bir yerinde bulunan kolon dişli bir oda da kare döşeme kalıbının yerleştirilmesi hesaplanmıştır.

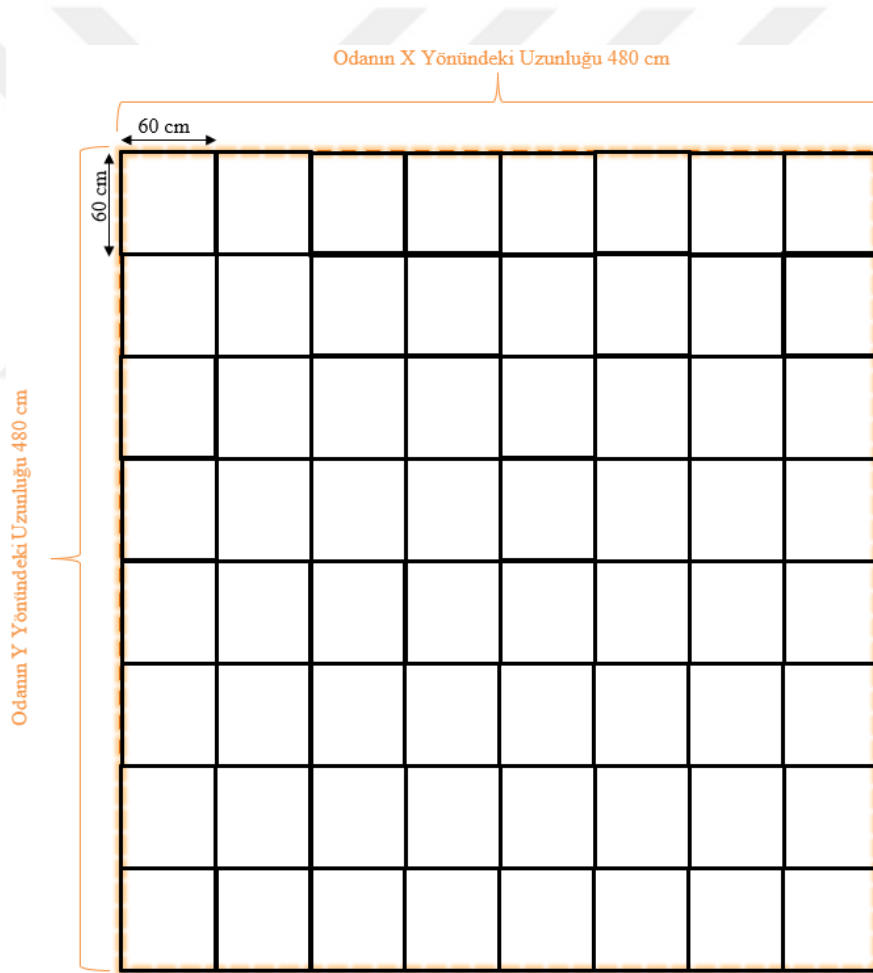
Vaka analizi onbeşte on katlı ve her katında dört daire bulunan hipotetik bir binaya rastgele şekilde karo ve döşeme kalıplarının yerleştirilmesi ile geliştirilen sistemle yerleştirilmesi arasında zayıat miktarlarının karşılaştırması yapılmıştır.

Vaka analizi on altıda on katlı ve her katında dört daire bulunan hipotetik bir binaya farklı boy ve uzunlukta karoların yerleştirilmesi sonucu oluşan zayıat miktarlarının karşılaştırılması yapılmıştır.

4.1 Vaka Analizi 1

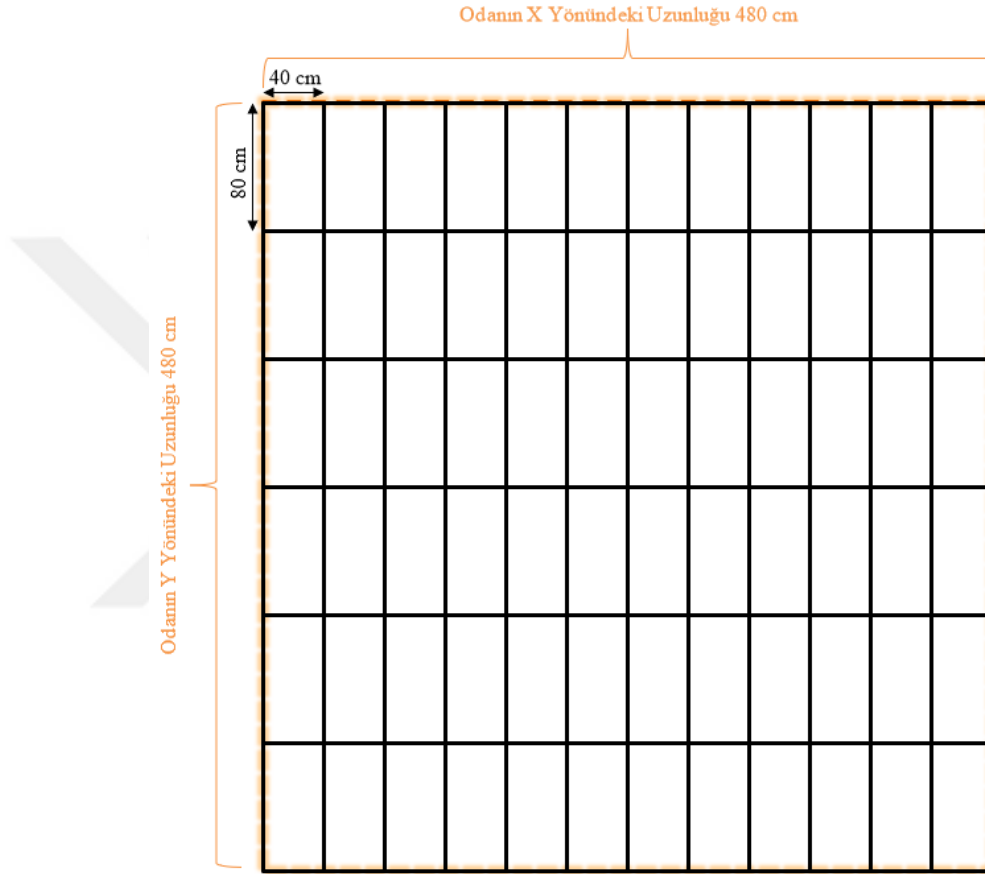
Birinci vaka analizinde 480 cm uzunluğunda 480 cm genişliğindeki bir odaya 60x60 cm, 40x80 cm ve 80x40 cm boyutlarındaki yer döşeme malzemesinin nasıl yerleştirileceği hesaplanmıştır.

60x60 cm boyutlarındaki yer döşemesi malzemesi X yönünde kullanılacak karo adeti eşitlik 3.1 kullanılarak “Aşağıyularla(480/60;0)” ile 8 olarak hesaplanır. Aynı şekilde Y yönünde kullanılacak karo adedi eşitlik 3.2 kullanılarak “Aşağıyularla(480/60;0)” ile 8 olarak hesaplanmış olup 480x480 cm boyutlarındaki odaya 60x60 cm boyutlarında yer döşeme malzemesi ile döşenmesi durumunda kullanılacak malzeme adedi $8 \times 8 = 64$ olarak hesaplanır. Malzemenin odaya yerleştirilmiş hali Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



Şekil 4.1 : 60x60 cm boyutlarındaki karonun 480x480 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi

480x480 cm boyutlarındaki odaya 40x80 cm boyutlarında yer döşeme malzemesi X yönünde eşitlik 3.1 uygulanarak 12 adet hesaplanır. Y yönünde kullanılacak olan malzeme adedi eşitlik 3.2 uygulanarak 6 olarak hesaplanır. 480x480 cm boyutlarındaki odaya 40x80 cm boyutlarında yer döşeme malzemesi ile döşenmesi durumunda kullanılacak malzeme adedi $12 \times 6 = 72$ olarak hesaplanır. Malzemenin odaya yerleştirilmiş hali Şekil 4.2’de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.2: 40x80 cm boyutlarındaki karonun 480x480 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi

480x480 cm boyutlarındaki odaya 80x40 cm boyutlarındaki yer döşeme malzemesi aynı şekilde X yönünde kullanılacak karo adedi eşitlik 3.1 uygulanarak 6 olarak hesaplanır. Y yönünde kullanılacak olan malzeme adedi eşitlik 3.2 uygulanarak 12 olarak hesaplanır. 480x480 cm boyutlarındaki odaya 80x40 cm boyutlarında yer döşeme malzemesi ile döşenmesi durumunda kullanılacak malzeme adedi $6 \times 12 = 72$ olarak bulunur.

4.2 Vaka Analizi 2

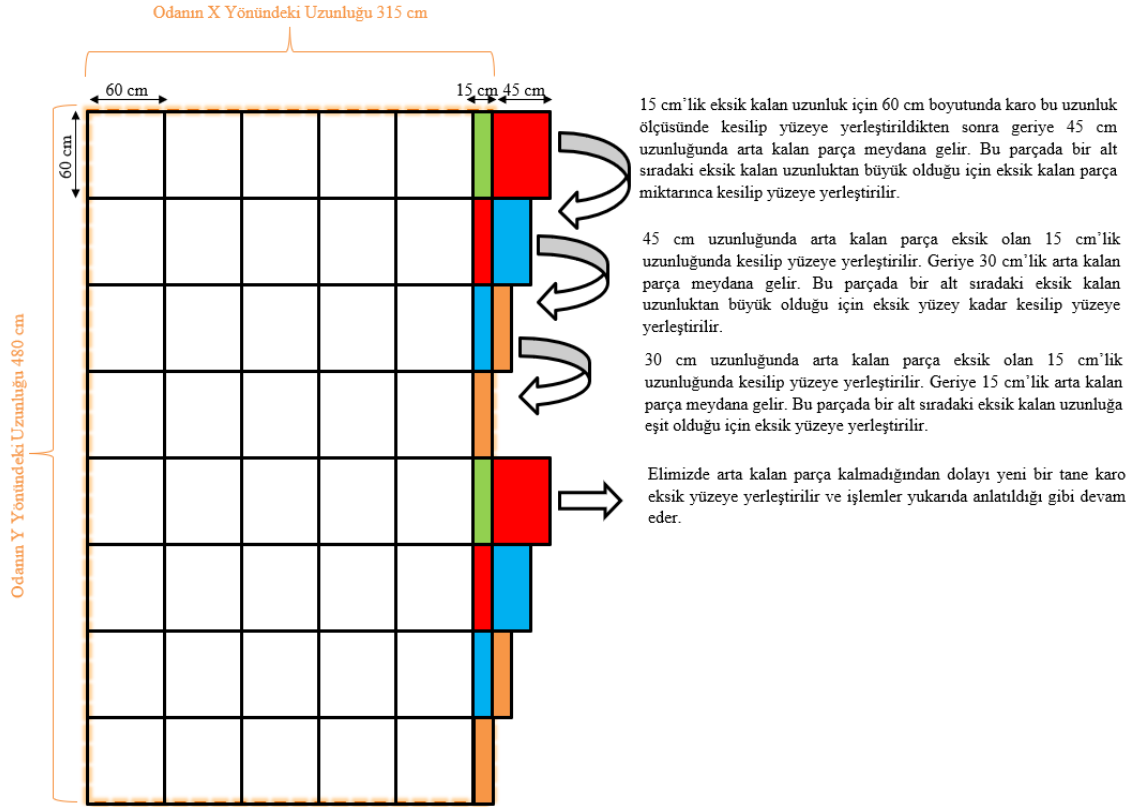
İkinci vaka analizinde 315 cm uzunluğunda 480 cm genişliğindeki bir odaya 60x60 cm, 40x80 cm ve 80x40 cm boyutlarındaki yer döşeme malzemesinin nasıl yerleştirileceği hesaplanmıştır.

60x60 cm boyutlarındaki yer döşeme malzemesinin X yönünde kesilmeden kullanılacağı adet sayısı eşitlik 3.1 kullanılarak “Aşağıyuvarla(315/60;0)” formülü ile 5 olarak hesaplanır. Karo malzemesinin Y yönünde kesilmeden kullanılacağı adet sayısı da eşitlik 3.2 kullanılarak “Aşağıyuvarla(480/60;0)” formülü ile 8 olarak hesaplanır. Kesilmeden kullanılacak karo adeti $5 \times 8 = 40$ bulunur. Odanın X yönündeki uzunluğu karonun kenar uzunluğunun katı olmadığından dolayı eksik kalan yüzey meydana gelmektedir. Eksik kalan yüzeyin uzunluğu toplam oda uzunluğunun kesilmeden kullanılan karo adetinin toplam kenar uzunluğundan çıkarılması ile bulunmaktadır. Bu durumda eksik kalan yüzey uzunluğu eşitlik 3.3 uygulanarak “ $315 - 5 \times 60 = 15$ cm” olarak bulunur. Bir adet karonun kaç adet eksik kalan kısmı kapatacağı eşitlik 3.5’te yerine yazılırsa “Aşağıyuvarla(60/15;0)” 4 adet olarak hesaplanır. Eksik kalan kısım adetini bulmak için eşitlik 3.6 uygulanır. Bu durumda “Yukarıyuvarla(480/60;0)” 8 adet eksik kalan kısım hesaplanır. Toplam kesilmesi gereken karo adeti eşitlik 3.7 uygulanarak hesaplanır. Toplam kesilmesi gereken karo adeti “Yukarıyuvarla(8/4;0)” 2 olarak hesaplanır. Şekil 4.3’te gösterildiği gibi karolar yüzeylere yerleştirilir. Şekil 4.3’te kırmızı dolgu ile ilk gösterilen kısım kesilip arta kalan karo miktarıdır. Karonun arta kalan uzunluğu bir alt sıradaki eksik yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir alt sırada kullanılır ve tekrardan mavi dolgu ile gösterilen kısım arta kalır. Karonun arta kalan uzunluğu bir alt sıradaki eksik yüzeyden yeniden büyük olduğu için bir alt sıradaki eksik yüzey uzunluğunda kullanılır ve turuncu dolgu ile gösterilen arta kalan karo kalır. Arta kalan karo malzemesi de bir alt sıradaki eksik yüzeye eşit olduğu için bu yüzeye yerleştirilir. Arta kalan karo malzemesi kalmadığı için kalan eksik yüzey için bir adet karo kesilerek eksik yüzeye yerleştirilir. İşlemler eksik yüzey tamamlanıncaya kadar aynı şekilde devam eder.

60x60 cm boyutlarındaki karonun 315 cm uzunluğunda 480 cm genişliğindeki odaya yerleştirilme alternatifleri değerlendirilmiştir ve sonuçlar Çizelge 4.1’de gösterildiği gibi bulunmuştur.

Çizelge 4.1 : 60x60 cm boyutlarındaki karonun 315x480 cm boyutlarındaki odaya minimum zayıt ile döşenmesinin hesaplanması

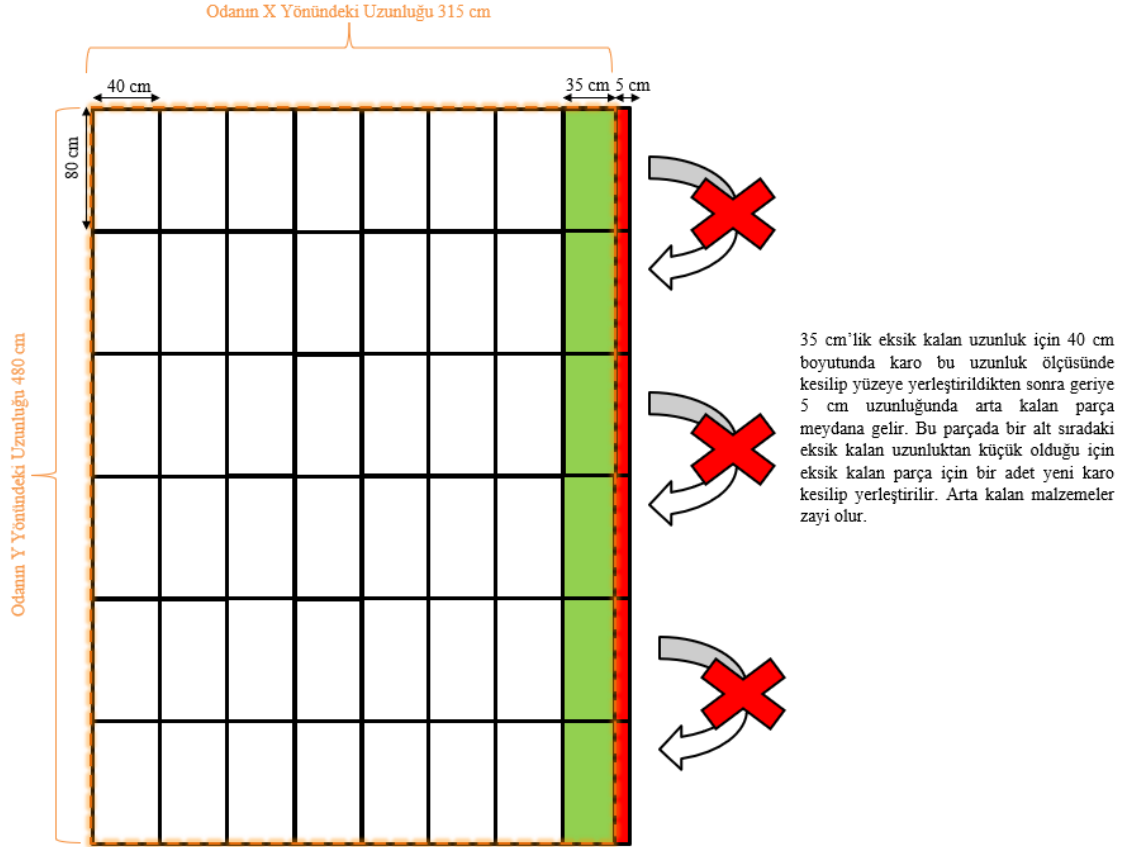
Kesilmeden Kullanılacak Karo	40
Kesilecek Karo Sayısı	2
Toplam Karo Sayısı	42
Zayıt Miktarı	0



Şekil 4.3 : 60x60 cm boyutlarındaki karonun 315x480 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi

Aynı mekan için 40x80 cm boyutlarında karo malzemesi kullanılması durumunda X yönünde kesilmeden kullanılacak karo adeti Eşitlik 3.1'den 7 ve Y yönünde kesilmeden kullanılacak olan karo adedi eşitlik 3.2'den 6 olarak hesaplanır. Kesilmeden kullanılacak karo adeti $7 \times 6 = 42$ olarak bulunur. X doğrultusundaki eksik kalan yüzey Eşitlik 3.3'ten " $315 - 7 \times 40 = 35$ cm" olarak hesaplanır. Bir adet karonun kaç adet eksik kalan kısmı kapatacağı Eşitlik 3.5'te yerine yazılırsa " $\text{Aşağıyuvarla}(40/35;0)$ " formülü ile 1 adet olarak hesaplanır. Eksik kalan kısım adetini bulmak için Eşitlik 3.6 uygulanır. Bu durumda " $\text{Yukarıyuvarla}(480/80;0)$ " 6 adet eksik kalan kısım hesaplanır. Toplam kesilmesi gereken karo adeti eşitlik 3.7 uygulanarak " $\text{Yukarıyuvarla}(6/1;0)$ " 6 olarak hesaplanır. Zayıt, kullanılan malzemenin toplam alanından odanın toplam alanının çıkarılması ile hesaplanır.

Toplam kullanılan malzeme adeti $42+6= 48$ olarak hesaplanır. Malzeme zaiyatı ise $48 \times 0,4 \times 0,8 - 3,15 \times 2,8 = 0,24 \text{ m}^2$ olarak hesaplanır. $40 \times 80 \text{ cm}$ boyutlarındaki karonun $315 \times 480 \text{ cm}$ boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi Şekil 4.4'te gösterilmektedir. Şekil 4.4'te yeşil dolgu ile gösterilen alanlar kesilip eksik yüzeye yerleştirilen karolardır. Kırmızı dolgu ile gösterilen alanlar ise kesilip zayi olan karo alanlarını ifade etmektedir.



Şekil 4. 4 : $40 \times 80 \text{ cm}$ boyutlarındaki karonun $315 \times 480 \text{ cm}$ boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi

$40 \times 80 \text{ cm}$ boyutlarındaki karonun 315 cm uzunluğunda 480 cm genişliğindeki odaya yerleştirilme alternatifleri değerlendirilmiştir ve sonuçlar Çizelge 4.2'de gösterildiği gibi bulunmuştur.

Çizelge 4.2 : $40 \times 80 \text{ cm}$ boyutlarındaki karonun $315 \times 480 \text{ cm}$ boyutlarındaki odaya minimum zaiyat ile döşenmesinin hesaplanması

Kesilmeden Kullanılacak Karo	42
Kesilecek Karo Sayısı	6
Toplam Karo Sayısı	48
Zaiyat Miktarı	0,24

Aynı mekan için 80x40 cm boyutlarında karo malzemesi kullanılması durumunda X yönünde kesilmeden kullanılacak karo adeti eşitlik 3.1'den 3 ve Y yönünde kesilmeden kullanılacak karo adeti de eşitlik 3.2'den 12 olarak hesaplanır. Kesilmeden kullanılacak karo adeti $3 \times 12 = 36$ olarak bulunur. X yönünde eksik kalan yüzey eşitlik 3.3'den " $315 - 3 \times 80 = 75$ " olarak hesaplanır. Bir adet karonun kaç adet eksik kalan kısmı kapatacağı eşitlik 3.5'te yerine yazılırsa " $\text{Aşağıyuvarla}(80/75;0)$ " 1 adet olarak hesaplanır. Eksik kalan kısım adetini bulmak için eşitlik 3.6 uygulanır. Bu durumda " $\text{Yukarıyuvarla}(480/40;0)$ " 12 adet eksik kalan kısım hesaplanır. Toplam kesilmesi gereken karo adeti eşitlik 3.7 uygulanarak " $\text{Yukarıyuvarla}(12/1;0)$ " 12 olarak hesaplanır. Toplam kullanılan malzeme adeti $36 + 12 = 48$ adet olarak hesaplanır. 80x40 cm boyutlarındaki karonun 315 cm uzunluğunda 480 cm genişliğindeki odaya yerleştirilme alternatifleri değerlendirilmiştir ve sonuçlar Çizelge 4.3'de gösterildiği gibi bulunmuştur.

Çizelge 4.3 : 80x40 cm boyutlarındaki karonun 315x480 cm boyutlarındaki odaya minimum zayıt ile döşenmesinin hesaplanması

Kesilmeden Kullanılacak Karo	36
Kesilecek Karo Sayısı	12
Toplam Karo Sayısı	48
Zayıt Miktarı	0,24

4.3 Vaka Analizi 3

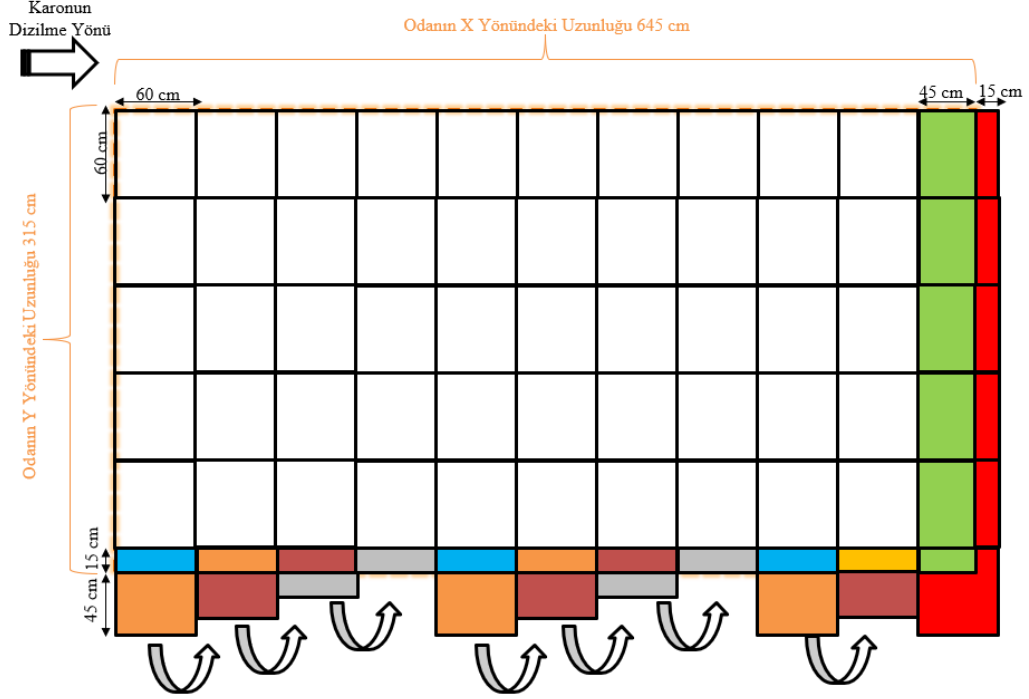
Üçüncü vaka analizinde 645 cm uzunluğunda 315 cm genişliğindeki bir odaya 60x60 cm boyutlarında yer döşeme malzemesinin en az malzeme zayıtı ile nasıl yerleştirileceği hesaplanmıştır.

60x60 cm boyutlarındaki yer döşeme malzemesi birinci alternatif olarak X yönünde yerleştirilmeye başlanması halinde; X yönünde kesilmeden kullanılacak adeti Eşitlik 3.1 uygulanarak 10 olarak hesaplanır. Aynı şekilde Y yönünde kesilmeden yerleştirilecek karo adedi eşitlik 3.2 uygulanarak 5 olarak hesaplanır. X yönünde eksik kalan uzunluğu bulmak için eşitlik 3.3'den " $645 - 10 \times 60 = 45$ cm" olarak hesaplanır. Aynı şekilde Y yönünde eksik kalan uzunluğu bulmak için Eşitlik 3.4 uygulanarak " $315 - 5 \times 60 = 15$ cm" olarak hesaplanır. X yönünde eksik kalan 45 cm'lik yüzeyi kapatmak için bir adet karo bu yüzey uzunluğunda kesilip yüzeye yerleştirilir ve yüzey kapatılır. Bir adet karonun X yönünde kaç adet eksik kalan uzunluğu kapatacağı Eşitlik 3.5 uygulanarak " $\text{Aşağıyuvarla}(60/45;0)$ " 1 adet olarak bulunur. Toplam X yönünde eksik kalan uzunlukların sayısı da Eşitlik 3.6 uygulanarak

“Yukarıyuvarla(315/60;0)” formülü ile 6 adet bulunur. X yönü için kesilerek kullanılacak karo sayısı da Eşitlik 3.7 uygulanarak “Yukarıyuvarla (6/1;0)” 6 olarak hesaplanır. Aynı şekilde Y yönünde eksik kalan 15 cm’lik yüzeyi kaplamak için bir adet karo bu yüzey uzunluğunda kesilip yüzeye yerleştirilir ve yüzey kapatılır. Bir adet karonun Y yönünde kaç adet eksik kalan uzunluğu kapatacağı eşitlik 3.8 uygulanarak “Aşağıyuvarla(60/15;0)” 4 olarak hesaplanır. Y yönünde kaç adet eksik kalan parça olduğunu bulmak içinde eşitlik 3.9’dan “Yukarıyuvarla((645-45)/60;0)” 10 olarak bulunur. Y yönünde eksik kalan yüzeylerin kapatılması için kaç adet yer döşeme malzemesinin kullanılması gerektiği eşitlik 3.10 uygulanarak “Yukarıyuvarla(10/4;0)” 3 adet bulunmaktadır. Toplamda kullanılması gereken karo adeti $10 \times 5 + 6 + 3 = 59$ olarak hesaplanır ve toplam zayıt miktarı da $59 \times 0,6 \times 0,6 - 6,45 \times 3,15 = 0,9225 \text{ m}^2$ olarak hesaplanır. Birinci alternatife göre 60x60 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi Şekil 4.5’ te gösterildiği gibidir. Şekil 4.5’te yeşil dolgu ile gösterilen alanlar kesilip eksik yüzeye yerleştirilen karolardır. Kırmızı dolgu ile gösterilen alanlar ise kesilip zayı olan karo alanlarını ifade etmektedir. Turuncu dolgu ile gösterilen ilk kısım kesilip arta kalan karo malzemesidir. Karonun arta kalan uzunluğu bir yan sıradaki eksik yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir yan sırada kullanılır ve tekrardan koyu kırmızı dolgu ile gösterilen kısım arta kalır. Karonun arta kalan uzunluğu bir yan sıradaki eksik yüzeyden yeniden büyük olduğu için bir yan sıradaki eksik yüzey uzunluğunda kullanılır ve gri dolgu ile gösterilen arta kalan karo kalır. Arta kalan karo malzemesi de bir yan sıradaki eksik yüzeye eşit olduğu için bu yüzeye yerleştirilir. Arta kalan karo malzemesi kalmadığı için kalan eksik yüzey için bir adet karo kesilerek eksik yüzeye yerleştirilir. İşlemler eksik yüzey tamamlanıncaya kadar aynı şekilde devam eder. Birinci alternatifin sonuçları da Çizelge 4.4’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 : 60x60 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya birinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu

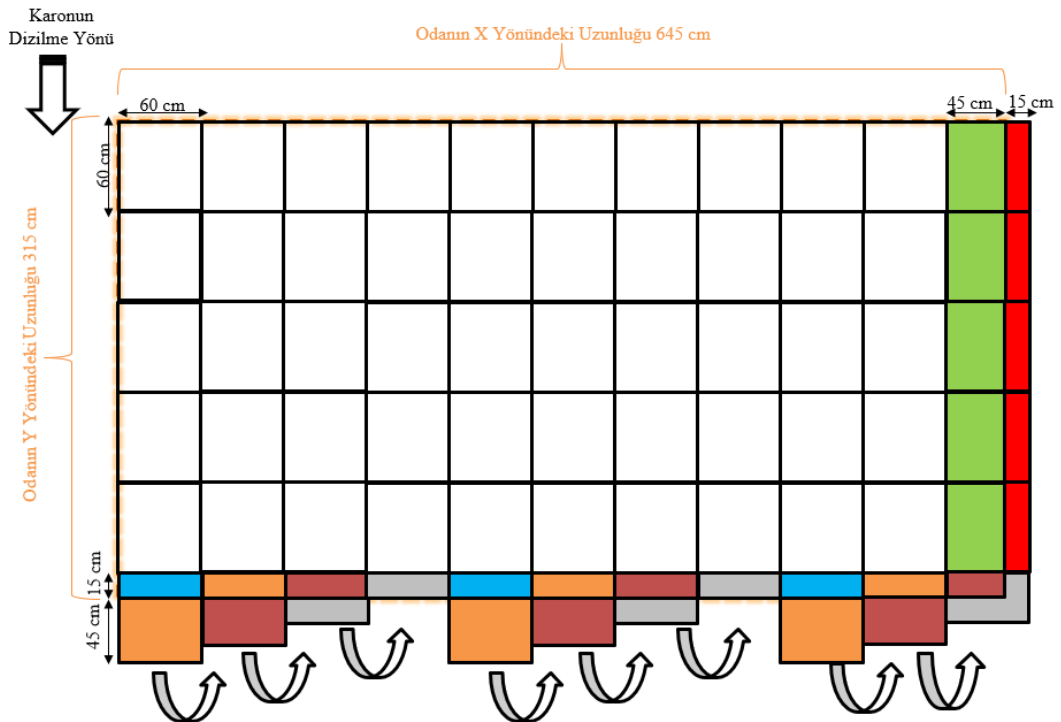
Kesilmeden Kullanılacak Karo	50
Kesilecek Karo Sayısı	9
Toplam Karo Sayısı	59
Zayıt Miktarı	0,9225 m ²



Şekil 4.5 : Birinci alternatife göre 60x60 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi

60x60 cm boyutlarındaki yer döşeme malzemesi ikinci alternatif olarak Y yönünde yerleştirilmeye başlanması halinde; X yönünde kesilmeden kullanılacak adeti eşitlik 3.1 uygulanarak 10 olarak hesaplanır. Aynı şekilde Y yönünde kesilmeden yerleştirilecek karo adedi eşitlik 3.2 uygulanarak 5 olarak hesaplanır. X yönünde eksik kalan uzunluğu bulmak için eşitlik 3.3'den " $645-10*60=45$ cm" olarak hesaplanır. Aynı şekilde Y yönünde eksik kalan uzunluğu bulmak için eşitlik 3.4 uygulanarak " $315-5*60=15$ cm" olarak hesaplanır. X yönünde eksik kalan 45 cm'lik yüzeyi kapatmak için bir adet karo bu yüzey uzunluğunda kesilip yüzeye yerleştirilir ve yüzey kapatılır. Bir adet karonun X yönünde kaç adet eksik kalan uzunluğu kapatacağı eşitlik 3.5 uygulanarak " $\text{Aşağıyuvarla}(60/45;0)$ " 1 adet olarak bulunur. Toplam X yönünde eksik kalan uzunlukların sayısı da eşitlik 3.11 uygulanarak " $\text{Yukarıyuvarla}((315-15)/60;0)$ " formülü ile 5 adet bulunur. X yönü için kesilerek kullanılacak karo sayısı da eşitlik 3.7 uygulanarak " $\text{Yukarıyuvarla}(5/1;0)$ " 5 olarak hesaplanır. Aynı şekilde Y yönünde eksik kalan 15 cm'lik yüzeyi kaplamak için bir adet karo bu yüzey uzunluğunda kesilip yüzeye yerleştirilir ve yüzey kapatılır. Bir adet karonun Y yönünde kaç adet eksik kalan uzunluğu kapatacağı eşitlik 3.8 uygulanarak " $\text{Aşağıyuvarla}(60/15;0)$ " 4 olarak hesaplanır. Y yönünde kaç adet eksik kalan parça olduğunu bulmak içinde Eşitlik 3.12'den " $\text{Yukarıyuvarla}(645/60;0)$ " 11 olarak bulunur. Y yönünde eksik kalan yüzeylerin

kapatılması için kaç adet yer döşeme malzemesinin kullanılması gerektiği eşitlik 3.10 uygulanarak “Yukarıyuvarla(11/4;0)” 3 adet bulunmaktadır. Toplamda kullanılması gereken karo adeti $10 \times 5 + 5 + 3 = 58$ olarak hesaplanır ve toplam zayıt miktarı da $58 \times 0,6 \times 0,6 - 6,45 \times 3,15 = 0,5625 \text{ m}^2$ olarak hesaplanır. İkinci alternatife göre 60x60 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi Şekil 4.6’da gösterildiği gibidir. Şekil 4.6’da yeşil dolgu ile gösterilen alanlar kesilip eksik yüzeye yerleştirilen karolardır. Kırmızı dolgu ile gösterilen alanlar ise kesilip zayı olan karo alanlarını ifade etmektedir. Turuncu dolgu ile gösterilen ilk kısım kesilip arta kalan karo malzemesidir. Karonun arta kalan uzunluğu bir yan sıradaki eksik yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir yan sırada kullanılır ve tekrardan koyu kırmızı dolgu ile gösterilen kısım arta kalır. Karonun arta kalan uzunluğu bir yan sıradaki eksik yüzeyden yeniden büyük olduğu için bir yan sıradaki eksik yüzey uzunluğunda kullanılır ve gri dolgu ile gösterilen arta kalan karo kalır. Bu arta kalan karo malzemesi de bir yan sıradaki eksik yüzeye eşit olduğu için bu yüzeye yerleştirilir. Ata kalan karo malzemesi kalmadığı için kalan eksik yüzey için bir adet karo kesilerek eksik yüzeye yerleştirilir. İşlemler eksik yüzey tamamlanıncaya kadar aynı şekilde devam eder. İkinci alternatifi sonuçları da Çizelge 4.5’te gösterilmiştir.



Şekil 4.6 : İkinci alternatife göre 60x60 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi

Çizelge 4.5 : 60x60 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya ikinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu

Kesilmeden Kullanılacak Karo	50
Kesilecek Karo Sayısı	8
Toplam Karo Sayısı	58
Zayıt Miktarı	0,5625 m ²

60x60 cm boyutlarındaki yer döşeme malzemesi üçüncü alternatif olarak X veya Y yönünde kesilip arta kalan parçaların aynı zamanda karşı yönde kullanılıp kullanılmadığı kontrolü yapılmaktadır. İlk olarak X yönünde arta kalan malzeme uzunluğu eşitlik 3.13'ten “60-45=15 cm” bulunur. X yönünde arta kalan 15 cm'lik parçanın Y yönünde eksik kalan 15 cm'lik boşluktan büyük ya da eşit olduğu belirlenir. X yönünde arta kalan parçaların Y yönündeki boşluğun kapatılması için kaç tanesini tamamlayacağı kontrolü yapılır. X yönünde oluşan boşluğu doldurmak için kesilen malzeme sayısı 6 adet olup 15 cm'lik parçalardan oluşmaktadır. Bir adet parçanın Y yönünde kaç adet eksik parçayı kapatacağı eşitlik 3.15 uygulanarak “Aşağıyuvarla $(15/15;0) = 1$ ” değeri elde edilir. X yönünde arta kalan parçanın Y yönünde bir adet eksik yüzeyi kapattığı belirlenir. X yönünde kesilip arta kalan bütün parçalar ile Y yönünde 6 adet eksik yüzey tamamlanır. Bütün arta kalan malzemeler eksik kalan yüzeylerde kullanılması rağmen eksik kalan yüzeyler mevcuttur. Eksik kalan yüzeyler için bir adet 60x60 cm uzunluğunda karo eksik yüzey uzunlukları boyunca kesilip yüzeye yerleştirilir ve işlemler eksik kalan yüzey tamamlanıncaya kadar devam eder. Şekil 4.7'de arta kalan parçaların karşı Y yönünde eksik kalan kısma yerleştirilmesi görülmektedir. Şekil 4.7'de kırmızı dolgu ile gösterilen alanlar kesilip karşı tarafta kullanılan karolardır. Mavi dolgu ile gösterilen ilk kısım kesilip arta kalan karo malzemesidir. Karonun arta kalan uzunluğu bir yan sıradaki eksik yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir yan sırada kullanılır ve tekrardan koyu kırmızı dolgu ile gösterilen kısım arta kalır. Karonun arta kalan uzunluğu bir yan sıradaki eksik yüzeyden yeniden büyük olduğu için bir yan sıradaki eksik yüzey uzunluğunda kullanılır ve gri dolgu ile gösterilen arta kalan karo kalır. Bu arta kalan karo malzemesi de bir yan sıradaki eksik yüzeye eşit olduğu için bu yüzeye yerleştirilir. Siyah dolgu ile gösterilen alanlar ise kesilip zayı olan karo alanını ifade etmektedir. Çizelge 4.6'da üçüncü alternatife ait sonuçlar yer almaktadır.

4.4 Vaka Analizi 4

Dördüncü vaka analizinde 645 cm uzunluğunda 315 cm genişliğindeki bir odaya 40x80 cm boyutlarında yer döşeme malzemesinin en az malzeme zayıtı ile nasıl yerleştirileceği hesaplanmıştır.

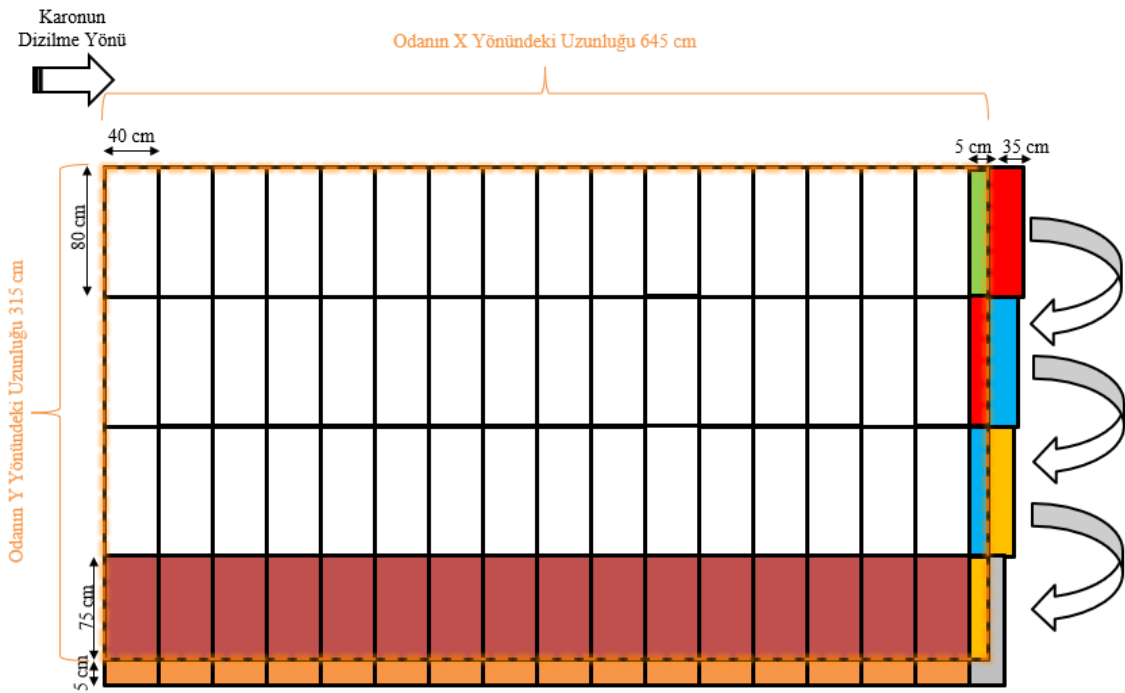
Belirtilen boyutlar için 40x80 cm boyutlarındaki bir karo malzemesi Eşitlik 3.1'den "Aşağıyuvarla $(645/40;0)$ " formülü ile X yönünde kesilmeden yerleştirilen karo adetinin 16 olduğu hesaplanır. Aynı şekilde Y yönünde kesilmeden yerleştirilecek karo adedi de eşitlik 3.2'den "Aşağıyuvarla $(315/80;0)$ " ifadesi ile 3 adet olarak hesaplanır. X yönünde eksik kalan yüzey uzunluğunu bulmak için eşitlik 3.3'ten faydalanılır. X yönünde eksik kalan yüzey uzunluğu " $645-16*40=5$ cm" olarak hesaplanır. Aynı şekilde Y yönünde eksik kalan uzunluk eşitlik 3.4'ten " $315-3*80=75$ cm" olarak hesaplanır.

Birinci alternatif olarak 40x80 boyutlarındaki karonun X yönünde döşenmesi hesaplanır. X yönünde eksik kalan 5 cm'lik yüzeyi kapatmak için bir adet karo bu yüzey uzunluğunda kesilip yüzeye yerleştirilir ve yüzey kapatılır. Bir adet karonun X yönünde kaç adet eksik kalan uzunluğu kapatacağı eşitlik 3.5 uygulanarak "Aşağıyuvarla $(40/5;0)$ " ifadesi ile 8 adet olarak bulunur. Toplam X yönünde eksik kalan uzunlukların sayısı da eşitlik 3.6 uygulanarak "Yukarıyuvarla $(315/80;0)$ " ifadesi ile 4 adet bulunur. X yönü için kesilerek kullanılacak karo sayısı da eşitlik 3.7 uygulanarak "Yukarıyuvarla $(4/8;0)$ " ifadesi ile 1 olarak hesaplanır. Aynı şekilde Y yönünde eksik kalan 75 cm'lik yüzeyi kaplamak için bir adet karo bu yüzey uzunluğunda kesilip yüzeye yerleştirilir ve yüzey kapatılır. Bir adet karonun Y yönünde kaç adet eksik kalan uzunluğu kapatacağı eşitlik 3.8 uygulanarak "Aşağıyuvarla $(80/75;0)$ " ifadesi ile 1 olarak hesaplanır. Y yönünde kaç adet eksik kalan parça olduğunu bulmak içinde eşitlik 3.9'dan "Yukarıyuvarla $((645-5)/40;0)$ " ifadesi ile 16 olarak bulunur. Y yönünde eksik kalan yüzeylerin kapatılması için kaç adet yer döşeme malzemesinin kullanılması gerektiği eşitlik 3.10 uygulanarak "Yukarıyuvarla $(16/1;0)$ " ifadesi ile 16 adet bulunmaktadır. Toplamda kullanılması gereken karo adedi $16*3+1+16=65$ olarak hesaplanır ve toplam zayıt miktarı da $65*0,4*0,8-6,45*3,15=0,4825$ m² olarak hesaplanır. Birinci alternatife göre 48x80 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi Şekil 4.8' te gösterildiği gibidir. Şekil 4.8'de koyu kırmızı ile gösterilen alanlar kesilip eksik yüzeye yerleştirilen karolardır. Turuncu dolgu ile gösterilen alanlar ise kesilip zayı olan karo alanlarını ifade etmektedir. Kırmızı dolgu ile gösterilen ilk kısım kesilip arta kalan karo malzemesidir. Karonun arta kalan uzunluğu bir

alt sıradaki eksik yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir alt sırada kullanılır ve tekrardan mavi dolgu ile gösterilen kısım arta kalır. Karonun arta kalan uzunluğu bir alt sıradaki eksik yüzeyden yeniden büyük olduğu için bir alt sıradaki eksik yüzey uzunluğunda kullanılır ve sarı dolgu ile gösterilen arta kalan karo kalır. Bu arta kalan karo malzemesi de bir alt sıradaki eksik yüzeyden yine büyük olduğu için bir alt sıradaki eksik yüzey kadar kullanılır ve arta gri dolgu ile gösterilen alanlar arta kalır ve zayi olur. Birinci alternatifin sonuçları da Çizelge 4.7’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.7 : 40x80 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya birinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu

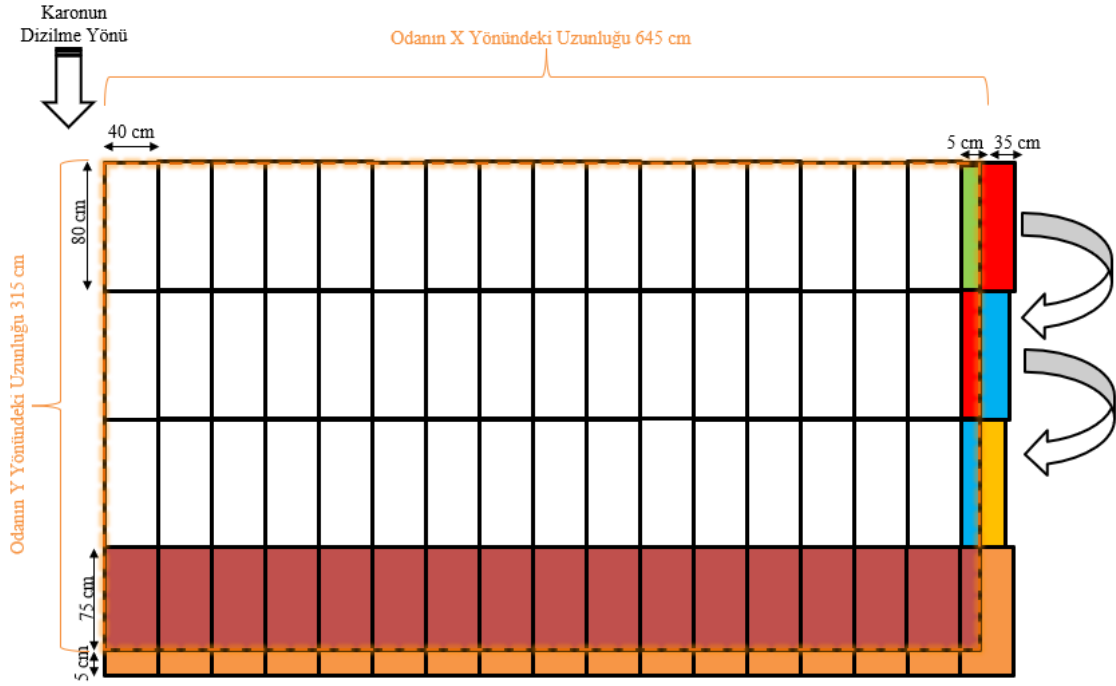
Kesilmeden Kullanılacak Karo	48
Kesilecek Karo Sayısı	17
Toplam Karo Sayısı	65
Zayiat Miktarı	0,4825 m ²



Şekil 4.8 : Birinci alternatife göre 40x80 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi

İkinci alternatif olarak 40x80 boyutlarındaki karonun Y yönünde döşenmesi hesaplanır. X yönünde eksik kalan 5 cm’lik yüzeyi kapatmak için bir adet karo bu yüzey uzunluğunda kesilip yüzeye yerleştirilir ve yüzey kapatılır. Bir adet karonun X yönünde kaç adet eksik kalan uzunluğu kapatacağı Eşitlik 3.5 uygulanarak “Aşağıyuvarla(40/5;0)”

ifadesi ile 8 adet olarak bulunur. Toplam X yönünde eksik kalan uzunlukların sayısı da eşitlik 3.11 uygulanarak “Yukarıyuvarla((315-75)/80;0)” ifadesi ile 3 adet bulunur. X yönü için kesilerek kullanılacak karo sayısı da eşitlik 3.7 uygulanarak “Yukarıyuvarla(3/8;0)” ifadesi ile 1 olarak hesaplanır. Aynı şekilde Y yönünde eksik kalan 75 cm’lik yüzeyi kaplamak için bir adet karo bu yüzey uzunluğunda kesilip yüzeye yerleştirilir ve yüzey kapatılır. Bir adet karonun Y yönünde kaç adet eksik kalan uzunluğu kapatacağı eşitlik 3.8 uygulanarak “Aşağıyuvarla(80/75;0)” ifadesi ile 1 olarak hesaplanır. Y yönünde kaç adet eksik kalan parça olduğunu bulmak içinde eşitlik 3.12’den “Yukarıyuvarla(645/40;0)” ifadesi ile 17 olarak bulunur. Y yönünde eksik kalan yüzeylerin kapatılması için kaç adet yer döşeme malzemesinin kullanılması gerektiği eşitlik 3.10 uygulanarak “Yukarıyuvarla(17/1;0)” ifadesi ile 17 adet bulunmaktadır. Toplamda kullanılması gereken karo adeti $16 \times 3 + 1 + 17 = 66$ olarak hesaplanır ve toplam zayiat miktarı da $66 \times 0,4 \times 0,8 - 6,45 \times 3,15 = 0,8025 \text{ m}^2$ olarak hesaplanır. İkinci alternatife göre 40x80 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi Şekil 4.9’da gösterildiği gibidir. Şekil 4.9’da koyu kırmızı ile gösterilen alanlar kesilip eksik yüzeye yerleştirilen karolardır. Turuncu dolgu ile gösterilen alanlar ise kesilip zayi olan karo alanlarını ifade etmektedir. Kırmızı dolgu ile gösterilen ilk kısım kesilip arta kalan karo malzemesidir. Karonun arta kalan uzunluğu bir alt sıradaki eksik yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir alt sırada kullanılır ve tekrardan mavi dolgu ile gösterilen kısım arta kalır. Karonun arta kalan uzunluğu bir alt sıradaki eksik yüzeyden yeniden büyük olduğu için bir alt sıradaki eksik yüzey uzunluğunda kullanılır ve sarı dolgu ile gösterilen alanlar arta kalır ve zayi olur. İkinci alternatifin sonuçları da Çizelge 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.9 : İkinci alternatifte göre 40x80 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi

Çizelge 4.8 : 40x80 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya ikinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu

Kesilmeden Kullanılacak Karo	48
Kesilecek Karo Sayısı	18
Toplam Karo Sayısı	66
Zayiat Miktarı (m²)	0,8025

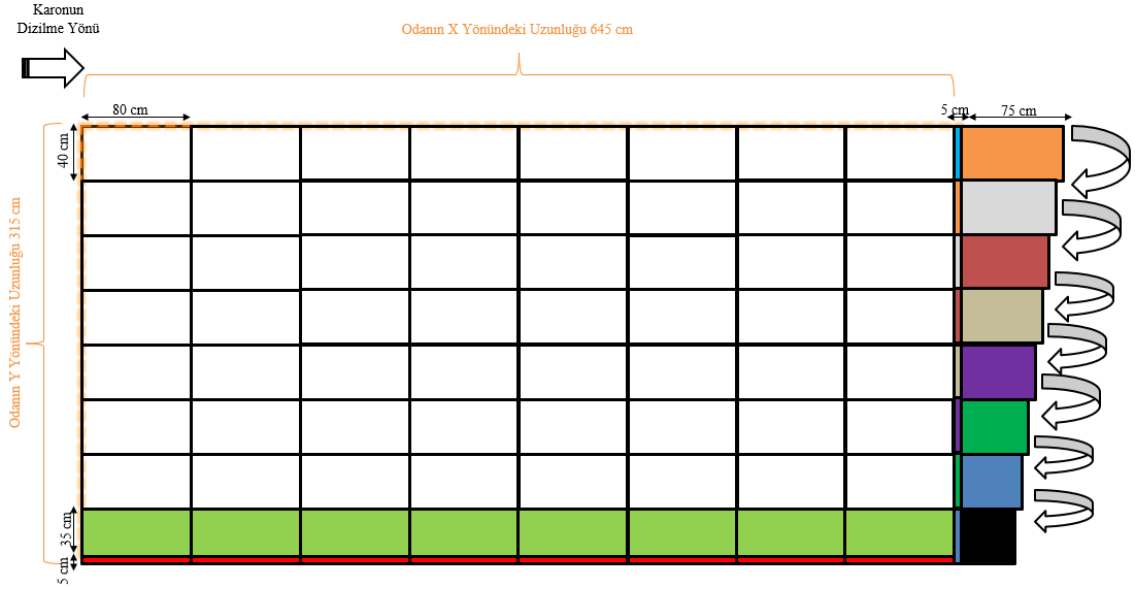
40x80 cm boyutlarındaki yer döşeme malzemesi üçüncü alternatif olarak X yönünde kesilip arta kalan parçaların 90° döndürülerek Y yönünde kullanılıp kullanılmayacağı kontrolü yapılmaktadır. İlk olarak X yönünde arta kalan malzeme uzunluğu Eşitlik 3.13'ten " $40-5=35$ cm" bulunur. X yönünde arta kalan 35 cm'lik parçanın Y yönünde eksik kalan 75 cm'lik boşluktan küçük olduğu belirlenir ve arta kalan malzeme karşı tarafta kullanılamaz ve bu nedenle sadece ilk iki alternatif üzerinden değerlendirme yapılır.

40x80 cm boyutlarındaki karonun kesim seçeneklerinin tamamının denenmesinden sonra hangi alternatifin daha az zayıat ile sonuç vereceği tüm alternatifler karşılaştırılarak verilmektedir. 645x315 cm boyutlarındaki odaya 40x80 cm boyutlarındaki karo malzemesi kesilmeden 48 adet olarak kullanılmaktadır. Kalan eksik yüzeyler için alternatifler değerlendirildiği zaman birinci alternatifteki zayıat miktarı en az olduğu için eksik yüzeylere kullanılacak karo adeti 17 bulunur. Toplamda bu oda yüzeyinin eksiksiz

minimum zayıt ile kaplanması için gerekli olan 40x80 cm boyutlarındaki karo adeti 65 olarak hesaplanır.

Aynı mekân için karonun 40x80 yerine 80x40 olarak yerleştirilme durumunda oluşacak zayıt incelendiğinde 645 cm uzunluğunda 315 cm genişliğindeki bir odaya 80x40 cm boyutlarındaki karo döşeme X doğrultusunda 8 adet, Y doğrultusunda 7 adet karonun kesilmeden yerleştirilebileceği hesaplanmıştır. X doğrultusundaki boşluk, “ $645-8*80=5$ cm” ve Y yönündeki boşluk ise “ $315-7*40=35$ cm” olarak hesaplanmaktadır.

Birinci alternatif olarak 80x40 boyutlarındaki karonun X yönünde döşenmesi hesaplanır. X yönünde eksik kalan 5 cm’lik yüzeyi kapatmak için bir adet karo bu yüzey uzunluğunda kesilip yüzeye yerleştirilir ve yüzey kapatılır. Bir adet karonun X yönünde kaç adet eksik kalan uzunluğu kapatacağı Eşitlik 3.5 uygulanarak “Aşağıyuvarla (80/5;0)” ifadesi ile 16 adet olarak bulunur. Toplam X yönünde eksik kalan uzunlukların sayısı da eşitlik 3.6 uygulanarak “Yukarıyuvarla (315/40;0)” ifadesi ile 8 adet bulunur. X yönü için kesilerek kullanılacak karo sayısı da eşitlik 3.7 uygulanarak “Yukarıyuvarla (8/16;0)” ifadesi ile 1 olarak hesaplanır. Aynı şekilde Y yönünde eksik kalan 35 cm’lik yüzeyi kaplamak için bir adet karo bu yüzey uzunluğunda kesilip yüzeye yerleştirilir ve yüzey kapatılır. Bir adet karonun Y yönünde kaç adet eksik kalan uzunluğu kapatacağı eşitlik 3.8 uygulanarak “Aşağıyuvarla (40/35;0)” ifadesi ile 1 olarak hesaplanır. Y yönünde kaç adet eksik kalan parça olduğunu bulmak içinde eşitlik 3.9’dan “Yukarıyuvarla ((645-5) /8;0)” ifadesi ile 8 olarak bulunur. Y yönünde eksik kalan yüzeylerin kapatılması için kaç adet yer döşeme malzemesinin kullanılması gerektiği eşitlik 3.10 uygulanarak “Yukarıyuvarla (8/1;0)” ifadesi ile 8 adet bulunmaktadır. Toplamda kullanılması gereken karo adedi $8*7+1+8=65$ olarak hesaplanır ve toplam zayıt miktarı da $65*0,8*0,4=6,45*3,15=0,4825$ m² olarak hesaplanır. Birinci alternatife göre 80x40 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi Şekil 4.10’da gösterildiği gibidir. Şekil 4.10’da yeşil dolgu ile gösterilen alanlar kesilip eksik yüzeye yerleştirilen karolardır. Kırmızı dolgu ile gösterilen alanlar ise kesilip zayı olan karo alanlarını ifade etmektedir. Turuncu dolgu ile gösterilen ilk kısım kesilip arta kalan karo malzemesidir. Karonun arta kalan uzunluğu bir alt sıradaki eksik yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir alt sırada kullanılır ve tekrardan gri dolgu ile gösterilen kısım arta kalır. Karonun arta kalan uzunluğu bir alt sıradaki eksik yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir alt sırada kullanılmaya devam eder. En son siyah dolgu ile gösterilen alanlar arta kalır ve zayı olur. Birinci alternatifin sonuçları da Çizelge 4.9’da gösterilmiştir.



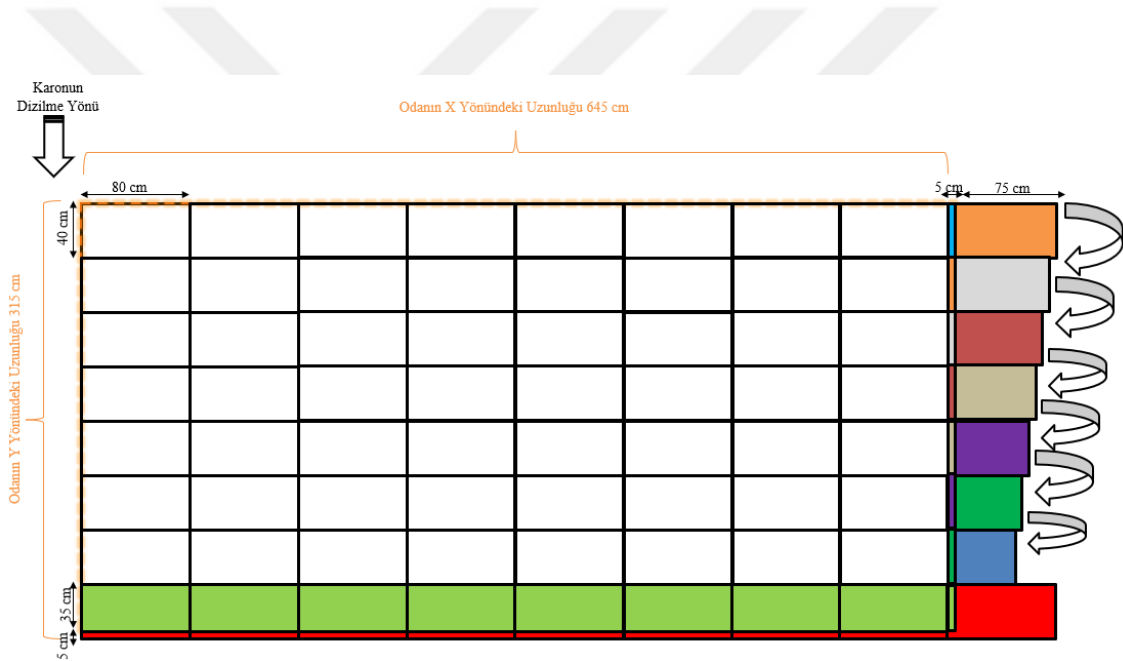
Şekil 4.10 : Birinci alternatife göre 80x40 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi

Çizelge 4.9 : 80x40 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya birinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu

Kesilmeden Kullanılacak Karo	56
Kesilecek Karo Sayısı	9
Toplam Karo Sayısı	65
Zayiat Miktarı (m²)	0,4825

İkinci alternatif olarak 80x40 boyutlarındaki karonun Y yönünde döşenmesi hesaplanır. X yönünde eksik kalan 5 cm’lik yüzeyi kapatmak için bir adet karo bu yüzey uzunluğunda kesilip yüzeye yerleştirilir ve yüzey kapatılır. Bir adet karonun X yönünde kaç adet eksik kalan uzunluğu kapatacağı eşitlik 3.5 uygulanarak “Aşağıyuvarla(80/5;0)” ifadesi ile 16 adet olarak bulunur. Toplam X yönünde eksik kalan uzunlukların sayısı da eşitlik 3.11 uygulanarak “Yukarıyuvarla((315-35)/40;0)” ifadesi ile 7 adet bulunur. X yönü için kesilerek kullanılacak karo sayısı da eşitlik 3.7 uygulanarak “Yukarıyuvarla(7/16;0)” ifadesi ile 1 olarak hesaplanır. Aynı şekilde Y yönünde eksik kalan 75 cm’lik yüzeyi kaplamak için bir adet karo bu yüzey uzunluğunda kesilip yüzeye yerleştirilir ve yüzey kapatılır. Bir adet karonun Y yönünde kaç adet eksik kalan uzunluğu kapatacağı eşitlik 3.8 uygulanarak “Aşağıyuvarla(40/35;0)” ifadesi ile 1 olarak hesaplanır. Y yönünde kaç adet eksik kalan parça olduğunu bulmak içinde eşitlik 3.12’den “Yukarıyuvarla(645/80;0)” ifadesi ile 9 olarak bulunur. Y yönünde eksik kalan yüzeylerin kapatılması için kaç adet yer döşeme malzemesinin kullanılması gerektiği eşitlik 3.10 uygulanarak “Yukarıyuvarla(9/1;0)” ifadesi ile 9 adet bulunmaktadır. Toplamda kullanılması gereken

karo adeti $8 \times 7 + 1 + 9 = 66$ olarak hesaplanır ve toplam zayıt miktarı da $66 \times 0,8 \times 0,4 - 6,45 \times 3,15 = 0,8025 \text{ m}^2$ olarak hesaplanır. İkinci alternatife göre $80 \times 40 \text{ cm}$ boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi Şekil 4.11’ de gösterildiği gibidir. Şekil 4.11’de yeşil dolgu ile gösterilen alanlar kesilip eksik yüzeye yerleştirilen karolardır. Kırmızı dolgu ile gösterilen alanlar ise kesilip zayı olan karo alanlarını ifade etmektedir. Turuncu dolgu ile gösterilen ilk kısım kesilip arta kalan karo malzemesidir. Karonun arta kalan uzunluğu bir alt sıradaki eksik yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir alt sırada kullanılır ve tekrardan gri dolgu ile gösterilen kısım arta kalır. Karonun arta kalan uzunluğu bir alt sıradaki eksik yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir alt sırada kullanılmaya devam eder. En son koyu mavi dolgu ile gösterilen alanlar arta kalır ve zayı olur. İkinci alternatifin sonuçları da Çizelge 4.10’da gösterilmiştir.



Şekil 4.11 : İkinci alternatife göre $80 \times 40 \text{ cm}$ boyutlarındaki karonun $645 \times 315 \text{ cm}$ boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi

Çizelge 4.10 : $80 \times 40 \text{ cm}$ boyutlarındaki karonun $645 \times 315 \text{ cm}$ boyutlarındaki odaya ikinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu

Kesilmeden Kullanılacak Karo	56
Kesilecek Karo Sayısı	10
Toplam Karo Sayısı	66
Zayıt Miktarı (m^2)	0,8025

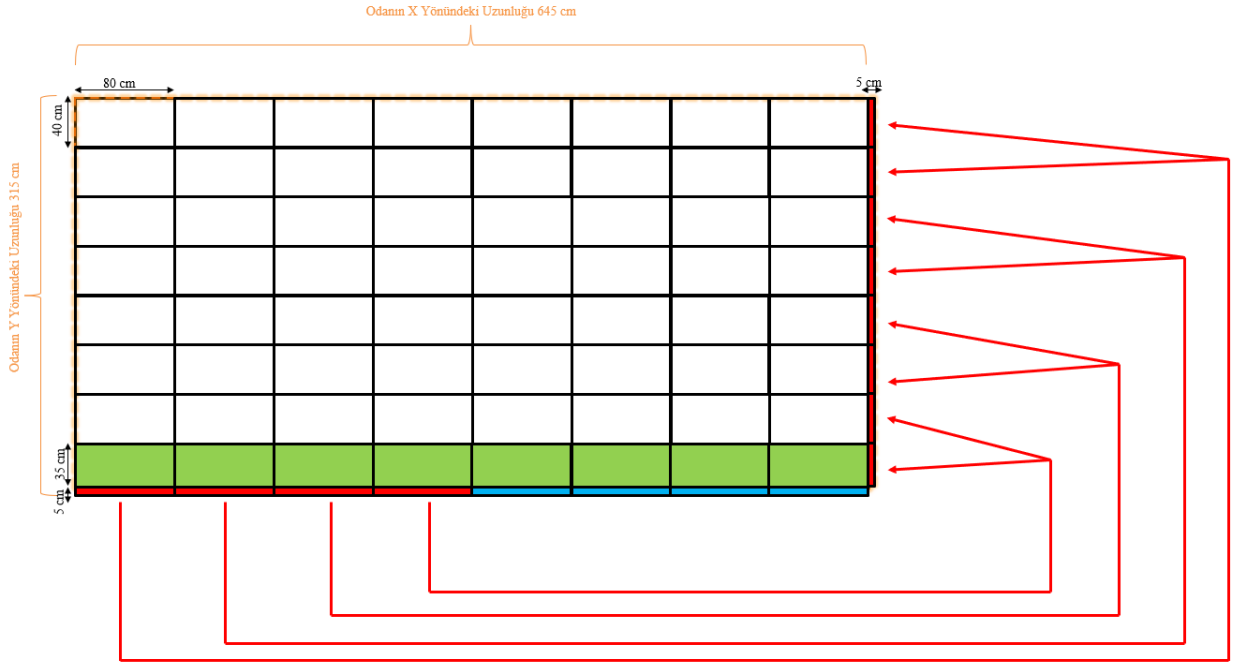
$80 \times 40 \text{ cm}$ boyutlarındaki yer döşeme malzemesi üçüncü alternatif olarak Y yönünde kesilip arta kalan parçaların aynı zamanda karşı yönde kullanılıp kullanılmadığı kontrolü yapılmaktadır. İlk olarak Y yönünde arta kalan malzeme uzunluğu eşitlik 3.14’ten

“40-35=5 cm” bulunur. Y yönünde arta kalan 5 cm’lik parçanın X yönünde eksik kalan 5 cm’lik boşluktan büyük ya da eşit olduğu belirlenir. Y yönünde arta kalan parçaların X yönündeki boşluğun kapatılması için kaç tanesini tamamlayacağı kontrolü yapılır. Y yönünde oluşan boşluğu doldurmak için kesilen malzeme sayısı 8 adet olup 5 cm’lik parçalardan oluşmaktadır. Bir adet parçanın X yönünde kaç adet eksik parçayı kapatacağı eşitlik 3.17 uygulanarak “Ağışıyuvarla (5/5;0) *Aşağıyuvarla (80/40)” ifadesi ile 2 değeri elde edilir. Y yönünde arta kalan parçanın X yönünde iki adet eksik yüzeyi kapattığı belirlenir. Y yönünde kesilip arta kalan bütün parçalar ile X yönünde 4 adet eksik yüzey tamamlanır. Bütün arta kalan malzemeler eksik kalan yüzeylerde kullanılması rağmen eksik kalan yüzeyler mevcuttur. Eksik kalan yüzeyler için bir adet 80x40 cm uzunluğunda karo eksik yüzey uzunlukları boyunca kesilip yüzeye yerleştirilir ve işlemler eksik kalan yüzey tamamlanıncaya kadar devam eder. Şekil 4.12’de arta kalan parçaların karşı X yönünde eksik kalan kısma yerleştirilmesi görülmektedir. Şekil 4.12’de kırmızı dolgu ile gösterilen alanlar kesilip karşı tarafta kullanılan karolardır. Mavi dolgu ile gösterilen alanlar ise kesilip zayi olan karo alanını ifade etmektedir. Çizelge 4.11’de üçüncü alternatife ait sonuçlar yer almaktadır.

Çizelge 4.11 : 80x40 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya üçüncü alternatif ile yerleştirilmesi sonucu

Kesilmeden Kullanılacak Karo	56
Kesilecek Karo Sayısı	8
Toplam Karo Sayısı	64
Zayiat Miktarı (m²)	0,1625

80x40 cm boyutlarındaki karonun kesim seçeneklerinin tamamının denenmesinden sonra hangi alternatifin daha az zayıat ile sonuç vereceği tüm alternatifler karşılaştırılarak verilmektedir. 645x315 cm boyutlarındaki odaya 80x40 cm boyutlarındaki karo malzemesi kesilmeden 56 adet olarak kullanılmaktadır. Kalan eksik yüzeyler için alternatifler değerlendirildiği zaman üçüncü alternatifteki zayıat miktarı en az olduğu için eksik yüzeylere kullanılacak karo adeti 8 bulunur. Toplamda bu oda yüzeyinin eksiksiz minimum zayıat ile kaplanması için gerekli olan 80x40 cm boyutlarındaki karo adeti 64 olarak hesaplanır.

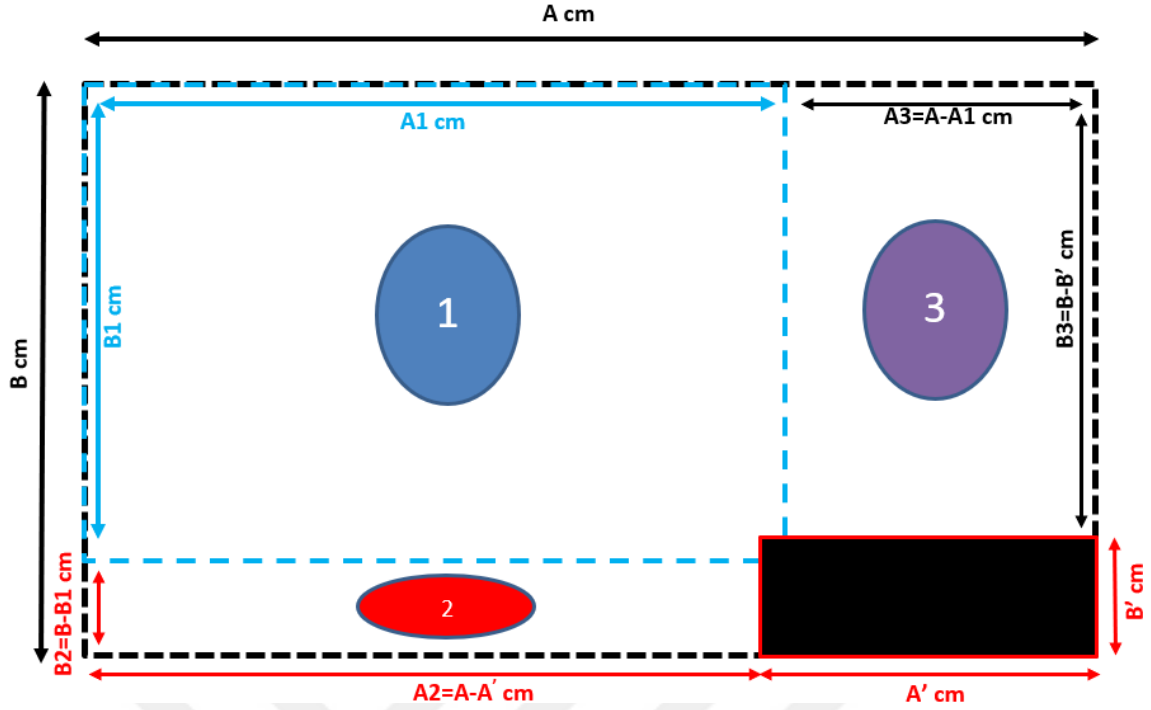


Şekil 4.12 : Üçüncü alternatife göre 80x40 cm boyutlarındaki karonun 645x315 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi

4.5 Vaka Analizi 5

Vaka analizi 1, 2, 3 ve 4'te düzgün yüzeyli bir odaya kenar uzunlukları aynı ve farklı olan karoların yerleştirilme durumları incelenmiştir. Vaka analizi 5, 6, 7, 8, 9 ve 10'da odanın düzgün geometrisini bozan odanın herhangi bir köşesinde bulunan şaft boşluğu, kolon dişi vb. çıkıntı olduğu zaman karoların en zayıfa yakın yerleştirilmesi amaçlanmıştır.

360 cm uzunluğunda 360 cm genişliğindeki bir odanın köşe noktasının herhangi bir yerinde 60x60 cm boyutlarında bir boşluk bulunması halinde 60x60 cm boyutlarındaki yer döşeme malzemesi ile hangi örüntüde yerleştirileceği hesaplanmıştır. Hesaplamanın yapılabilmesi için oda Şekil 4.13'de gösterildiği gibi üç ayrı geometriye ayrılmıştır.



Şekil 4.13 : Odada herhangi bir yapı elemanı bulunduğunda çözüm yöntemi

Odanın birinci bölgesinde kullanılacak karo adetini bulmak için A1 ve B1 uzunluklarının hesaplanması gerekmektedir. A1 ve B1 uzunluklarını eşitlik 4.1 ve eşitlik 4.2’de ifade edildiği gibi hesaplanır.

$$A1 = \left\lceil \frac{(A-A')}{C} \right\rceil * C \quad (4.1)$$

$$B1 = \left\lceil \frac{(B-B')}{D} \right\rceil * D \quad (4.2)$$

Eşitlik 4.1 uygulanarak A1 uzunluğu “Yukarıyuvarla ((360-60) /60;0) *60” ifadesi ile =300 cm olarak hesaplanır. Eşitlik 4.2 uygulanarak B1 uzunluğu da “Yukarıyuvarla ((360-60) /60;0) *60” ifadesi ile 300 cm olarak hesaplanır. Birinci bölge de X yönünde kesilmeden yerleştirilecek olan karo sayısı eşitlik 3.1’den “Aşağıyuvarla (300/60;0)” ifadesi ile 5 adet bulunur. Y yönünde kesilmeden yerleştirilecek olan karo sayısı da eşitlik 3.2’den “Aşağıyuvarla (300/60;0)” ifadesi ile 5 adet bulunur. Birinci bölge için gerekli olan karo sayısı 5x5=25 adet olarak hesaplanır.

Odanın ikinci bölgesi için kullanılacak karo sayısını bulmak için A2 ve B2 uzunluklarının hesaplanması gerekmektedir. A2 ve B2 uzunluklarını eşitlik 4.3 ve eşitlik 4.4’de ifade edildiği gibi hesaplanır.

$$A2 = A - A' \quad (4.3)$$

$$B2 = B - B1 \quad (4.4)$$

Eşitlik 4.3 uygulanarak A2 uzunluğu “ $360-60=300$ cm” ve eşitlik 4.4 uygulanarak B2 uzunluğu da “ $360-300=60$ cm” olarak hesaplanır. İkinci bölge de X yönünde kesilmeden yerleştirilecek olan karo sayısı eşitlik 3.1’den “Aşağıyuvarla $(300/60;0)$ ” ifadesi ile 5 adet ve Y yönünde kesilmeden yerleştirilecek olan karo sayısı da eşitlik 3.2’den “Aşağıyuvarla $(60/60;0)$ ” ifadesi ile 1 adet olarak hesaplanır. İkinci bölge için gerekli olan karo sayısı $5 \times 1=5$ adet olarak hesaplanır.

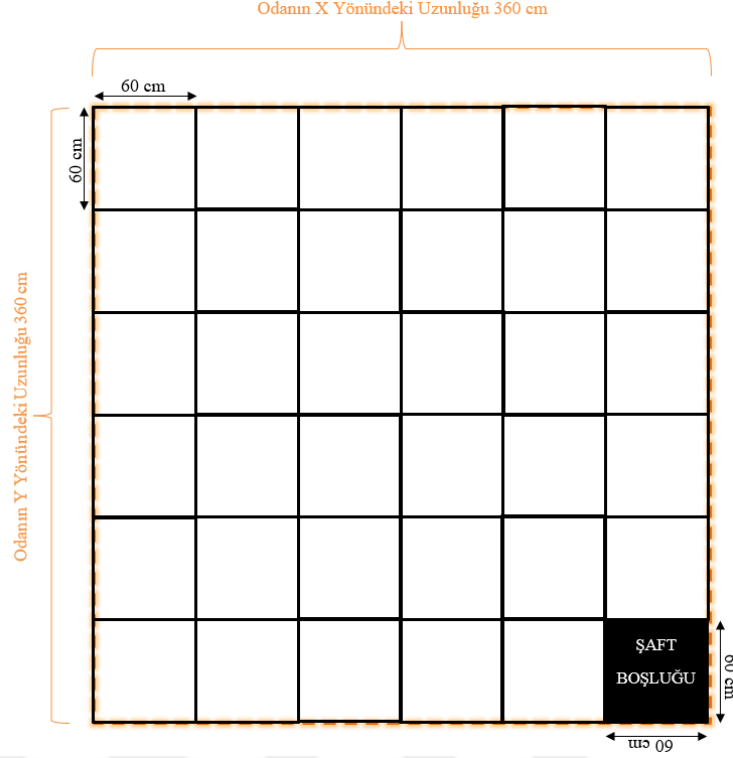
Odanın üçüncü bölgesi için kullanılacak karo sayısını bulmak için A3 ve B3 uzunluklarının hesaplanması gerekmektedir. A3 ve B3 uzunluklarını eşitlik 4.5 ve eşitlik 4.6’da ifade edildiği gibi hesaplanır.

$$A3 = A - A1 \quad (4.5)$$

$$B3 = B - B' \quad (4.6)$$

Eşitlik 4.5 uygulanarak A3 uzunluğu “ $360-300=60$ cm” ve eşitlik 4.6 uygulanarak B3 uzunluğu da “ $360-60=300$ cm” olarak hesaplanır. Üçüncü bölge de X yönünde kesilmeden yerleştirilecek olan karo sayısı eşitlik 3.1’den “Aşağıyuvarla $(60/60;0)$ ” ifadesi ile 1 adet ve Y yönünde kesilmeden yerleştirilecek olan karo sayısı da eşitlik 3.2’den “Aşağıyuvarla $(300/60;0)$ ” ifadesi ile 5 adet olarak hesaplanır. Üçüncü bölge için gerekli olan karo sayısı $5 \times 1=5$ adet olarak hesaplanır.

Ölçüleri verilen oda için kullanılacak olan toplam karo sayısı üç bölgeye kullanılacak karo sayısının toplanması ile bulunmaktadır. Bu durumda bu oda için kullanılacak karo sayısı $25+5+5=35$ adet olarak hesaplanmaktadır. 60×60 cm boyutlarındaki karonun yüzeye yerleştirilmiş hali şekil 4.14’te görüldüğü gibidir.



Şekil 4.14 : 360x360 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 60x60 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 60x60 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi

4.6 Vaka Analizi 6

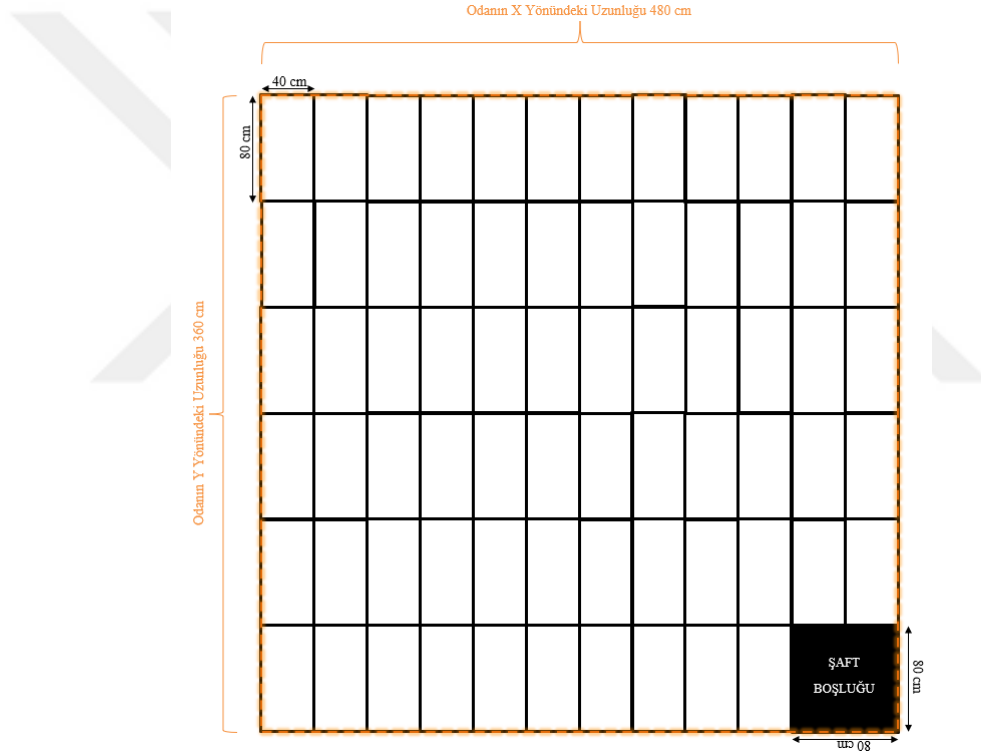
480 cm uzunluğunda 480 cm genişliğindeki bir odanın köşe noktasının herhangi bir yerinde 80x80 cm boyutlarında bir boşluk bulunması halinde 40x80 cm boyutlarındaki yer döşeme malzemesi ile hangi örüntüde yerleştirileceği hesaplanmıştır.

Eşitlik 4.1 uygulanarak A1 uzunluğu “Yukarıyuvarla $((480-80) / 40; 0) * 40$ ” ifadesi ile 400 cm olarak hesaplanır. Eşitlik 4.2 uygulanarak B1 uzunluğu da “Yukarıyuvarla $((480-80) / 80; 0) * 80$ ” ifadesi ile 400 cm olarak hesaplanır. Birinci bölge de X yönünde kesilmeden yerleştirilecek olan karo sayısı eşitlik 3.1’den “Aşağıyuvarla $(400/40; 0)$ ” ifadesi ile 10 adet bulunur. Y yönünde kesilmeden yerleştirilecek olan karo sayısı da eşitlik 3.2’den “Aşağıyuvarla $(400/80; 0)$ ” ifadesi ile 5 adet bulunur. Birinci bölge için gerekli olan karo sayısı $10 \times 5 = 50$ adet olarak hesaplanır.

Eşitlik 4.3 uygulanarak A2 uzunluğu “ $480-80=400$ cm” ve eşitlik 4.4 uygulanarak B2 uzunluğu da “ $480-400=80$ cm” olarak hesaplanır. İkinci bölge de X yönünde kesilmeden yerleştirilecek olan karo sayısı eşitlik 3.1’den “Aşağıyuvarla $(400/40; 0)$ ” ifadesi ile 10 adet ve Y yönünde kesilmeden yerleştirilecek olan karo sayısı da eşitlik

3.2’den “Aşağıyuvarla (80/80;0)” ifadesi ile 1 adet olarak hesaplanır. İkinci bölge için gerekli olan karo sayısı $10 \times 1 = 10$ adet olarak hesaplanır.

Eşitlik 4.5 uygulanarak A3 uzunluğu “ $480 - 400 = 80$ cm” ve eşitlik 4.6 uygulanarak B3 uzunluğu da “ $480 - 80 = 400$ cm” olarak hesaplanır. Üçüncü bölge de X yönünde kesilmeden yerleştirilecek olan karo sayısı eşitlik 3.1’den “Aşağıyuvarla (80/40;0)” ifadesi ile 2 adet ve Y yönünde kesilmeden yerleştirilecek olan karo sayısı da eşitlik 3.2’den “Aşağıyuvarla (400/80;0)” ifadesi ile 5 adet olarak hesaplanır. Üçüncü bölge için gerekli olan karo sayısı $2 \times 5 = 10$ adet olarak hesaplanır. Toplam kullanılacak karo sayısı $50 + 10 + 10 = 70$ adet olarak hesaplanmaktadır. 40x80 cm boyutlarındaki karonun yüzeye yerleştirilmiş hali şekil 4.15’te görüldüğü gibidir.



Şekil 4.15 : 480x480 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 80x80 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 40x80 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi

4.7 Vaka Analizi 7

600 cm uzunluğunda 615 cm genişliğindeki bir odanın köşe noktasının herhangi bir yerinde 120x120 cm boyutlarında bir boşluk bulunması halinde 60x60 cm boyutlarındaki yer döşeme malzemesi ile hangi örüntüde yerleştirileceği hesaplanmıştır.

Eşitlik 4.1 uygulanarak A1 uzunluğu 480 cm bulunur ve eşitlik 4.2 uygulanarak B1 uzunluğu da 540 cm olarak hesaplanır. Birinci bölge de X yönü için kesilmeden kullanılacak karo sayısı eşitlik 3.1'den 8 adet ve Y yönü için kesilmeden kullanılacak olan karo sayısı da eşitlik 3.2'den 9 olarak hesaplanır. Birinci bölge için kesilmeden kullanılacak karo sayısı $8 \times 9 = 72$ adet olarak hesaplanır.

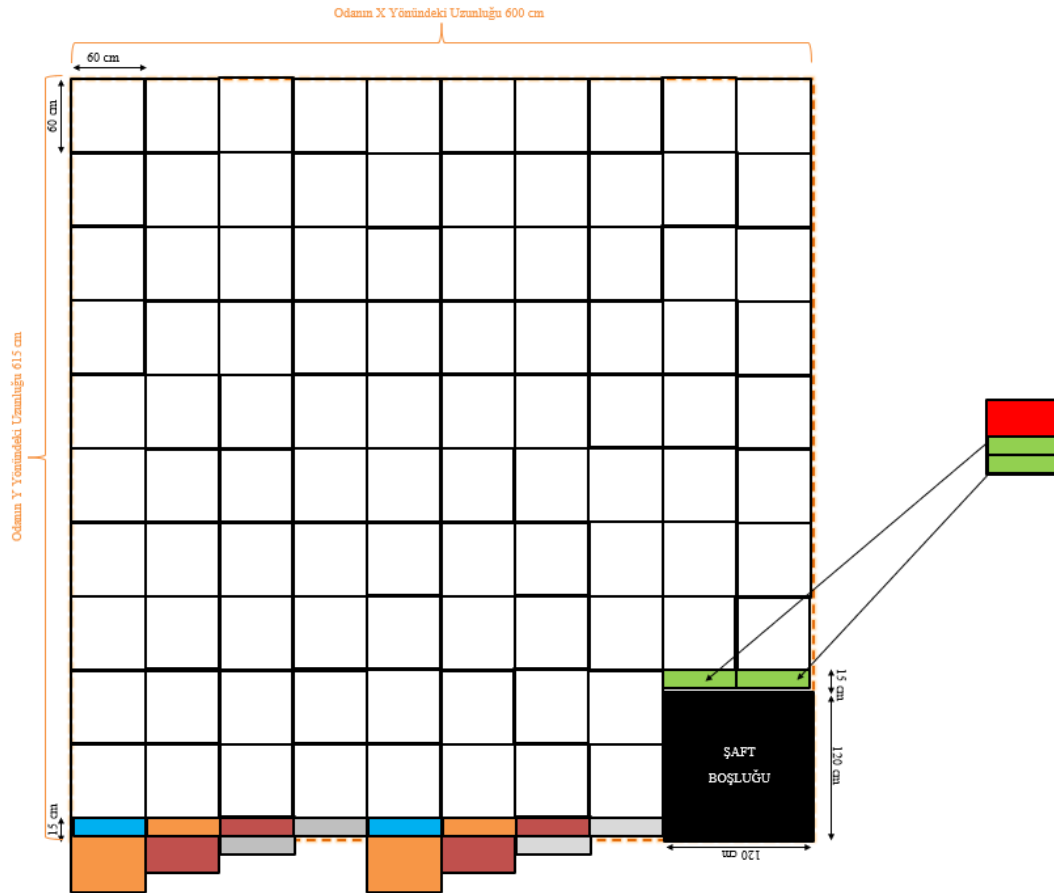
Eşitlik 4.3 uygulanarak A2 uzunluğu 480 cm ve eşitlik 4.4 uygulanarak B2 uzunluğu da 75 cm olarak hesaplanır. İkinci bölge için kesilmeden kullanılacak karo adeti X yönü için eşitlik 3.1'den 8 adet ve Y yönü için eşitlik 3.2'den 1 adet olarak hesaplanır. İkinci bölge için kesilmeden kullanılacak karo sayısı $1 \times 8 = 8$ olarak hesaplanır. İkinci bölgenin Y yönündeki uzunluğu karonun kenar uzunluğunun katı olmadığından dolayı eksik kalan yüzey meydana gelmektedir. Eksik kalan yüzeyin uzunluğu ikinci bölgenin Y yönündeki toplam uzunluğunun kesilmeden kullanılan karo adetinin toplam kenar uzunluğundan çıkarılması ile bulunmaktadır. Bu durumda eksik kalan yüzey uzunluğu eşitlik 3.4 uygulanarak " $75 - 1 \times 60 = 15$ cm" olarak bulunur. Bir adet karonun kaç adet eksik kalan kısmı kapatacağı eşitlik 3.8'te yerine yazılırsa "Aşağıyuvarla($60/15;0$)" ifadesi ile 4 adet olarak hesaplanır. Eksik kalan kısım adetini bulmak için Eşitlik 3.9 uygulanır. Bu durumda "Yukarıyuvarla($(480-0)/60;0$)" ifadesi ile 8 adet eksik kalan kısım hesaplanır. Toplam kesilmesi gereken karo adeti eşitlik 3.10'dan "Yukarıyuvarla($8/4;0$)" 2 olarak hesaplanır.

Eşitlik 4.5 uygulanarak A3 uzunluğu 120 cm ve eşitlik 4.6 uygulanarak B3 uzunluğu da 495 cm olarak hesaplanır. Üçüncü bölge için kesilmeden kullanılacak karo adeti X yönü için eşitlik 3.1'den 2 adet ve Y yönü için eşitlik 3.2'den 8 adet olarak hesaplanır. Üçüncü bölge için kesilmeden kullanılacak karo sayısı $2 \times 8 = 16$ olarak hesaplanır. Üçüncü bölgenin Y yönündeki uzunluğu karonun kenar uzunluğunun katı olmadığından dolayı eksik kalan yüzey meydana gelmektedir. Eksik kalan yüzeyin uzunluğu üçüncü bölgenin Y yönündeki toplam uzunluğunun kesilmeden kullanılan karo adetinin toplam kenar uzunluğundan çıkarılması ile bulunmaktadır. Bu durumda eksik kalan yüzey uzunluğu Eşitlik 3.4 uygulanarak " $495 - 8 \times 60 = 15$ cm" olarak bulunur. Bir adet karonun kaç adet eksik kalan kısmı kapatacağı Eşitlik 3.8'te yerine yazılırsa "Aşağıyuvarla($60/15;0$)" ifadesi ile 4 adet olarak hesaplanır. Eksik kalan kısım adetini bulmak için Eşitlik 3.9 uygulanır. Bu durumda "Yukarıyuvarla($(120-0)/60;0$)" ifadesi ile 2 adet eksik kalan kısım hesaplanır. Toplam kesilmesi gereken karo adeti Eşitlik 3.10'dan "Yukarıyuvarla($2/4;0$)" ile 1 olarak hesaplanır.

Ölçüleri verilen oda için kullanılacak olan toplam karo sayısı Çizelge 4.12’de gösterilmiştir. 60x60 cm boyutlarındaki karonun yüzeye yerleştirilmiş hali şekil 4.16’da görüldüğü gibidir. Şekil 4.16’de yeşil dolgu ile gösterilen alanlar kesilip eksik yüzeye yerleştirilen karolardır. Kırmızı dolgu ile gösterilen alanlar ise kesilip zayi olan karo alanlarını ifade etmektedir. Turuncu dolgu ile gösterilen ilk kısım kesilip arta kalan karo malzemesidir. Karonun arta kalan uzunluğu bir yan sıradaki eksik yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir yan sırada kullanılır ve tekrardan koyu kırmızı dolgu ile gösterilen kısım arta kalır. Karonun arta kalan uzunluğu bir yan sıradaki eksik yüzeyden yeniden büyük olduğu için bir yan sıradaki eksik yüzey uzunluğunda kullanılır ve gri dolgu ile gösterilen arta kalan karo kalır. Bu arta kalan karo malzemesi de bir yan sıradaki eksik yüzeye eşit olduğu için bu yüzeye yerleştirilir. Arta kalan karo malzemesi kalmadığı için kalan eksik yüzey için bir adet karo kesilerek eksik yüzeye yerleştirilir. İşlemler eksik yüzey tamamlanıncaya kadar aynı şekilde devam eder.

Çizelge 4.12 : 600x615 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 120x120 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 60x60 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi sonucu

Kesilmeden Kullanılacak Karo	96
Kesilecek Karo Sayısı	3
Toplam Karo Sayısı	99
Zayiat Miktarı (m²)	0,18



4.8 Vaka Analizi 8

Eşitlik 4.1 uygulanarak A1 uzunluğu 360 cm bulunur ve eşitlik 4.2 uygulanarak B1 uzunluğu da 400 cm olarak hesaplanır. Birinci bölge de X yönü için kesilmeden kullanılacak karo sayısı eşitlik 3.1'den 9 adet ve Y yönü için kesilmeden kullanılacak olan karo sayısı da eşitlik 3.2'den 5 olarak hesaplanır. Birinci bölge için kesilmeden kullanılacak karo sayısı $9 \times 5 = 45$ adet olarak hesaplanır.

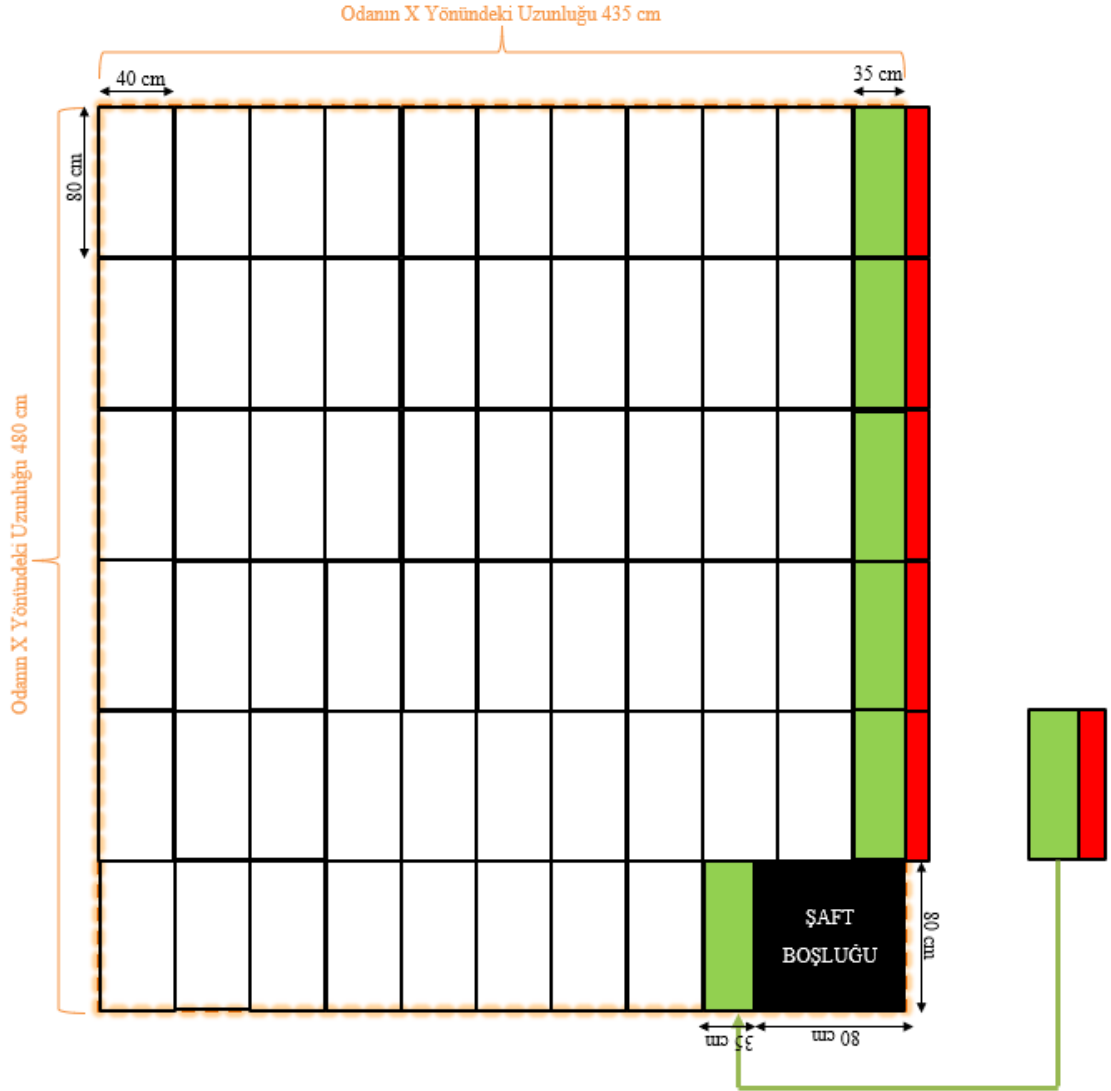
bölge için kesilmeden kullanılacak karo sayısı $8 \times 1 = 8$ olarak hesaplanır. İkinci bölgenin X yönündeki uzunluğu karonun kenar uzunluğunun katı olmadığından dolayı eksik kalan yüzey meydana gelmektedir. Eksik kalan yüzeyin uzunluğu ikinci bölgenin X yönündeki uzunluğu ile ikinci bölgedeki X yönünde kesilmeden kullanılan karo adetinin toplam kenar uzunluğu ile çıkarılmasıyla “ $355 - 8 \times 40 = 35$ cm” ifadesi ile olarak hesaplanır. Bir adet karonun kaç adet eksik kalan kısmı kapatacağı eşitlik 3.5’te yerine yazılırsa “Aşağıyuvarla($40/35;0$)” ifadesi ile 1 adet olarak hesaplanır. Eksik kalan yüzeylerin adetini bulmak için eşitlik 3.6 uygulanır. Bu durumda “Yukarıyuvarla($80/80;0$)” ifadesi ile 1 adet eksik kalan kısım hesaplanır. Toplam kesilmesi gereken karo adeti eşitlik 3.7’den “Yukarıyuvarla($1/1;0$)” ifadesi ile 1 olarak hesaplanır.

Eşitlik 4.5 uygulanarak A3 uzunluğu 75 cm ve eşitlik 4.6 uygulanarak B3 uzunluğu da 400 cm olarak hesaplanır. Üçüncü bölge için kesilmeden kullanılacak karo adeti X yönü için eşitlik 3.1’den 1 adet ve Y yönü için eşitlik 3.2’den 5 adet olarak hesaplanır. Üçüncü bölge için kesilmeden kullanılacak karo sayısı $1 \times 5 = 5$ olarak hesaplanır. Üçüncü bölgenin X yönündeki uzunluğu karonun kenar uzunluğunun katı olmadığından dolayı eksik kalan yüzey meydana gelmektedir. Eksik kalan yüzeyin uzunluğu üçüncü bölgenin X yönündeki toplam uzunluğu ile üçüncü bölgedeki X yönünde kesilmeden kullanılan karo adetinin toplam kenar uzunluğundan çıkarılması ile bulunmaktadır. Bu durumda eksik kalan yüzey uzunluğu eşitlik 3.3 uygulanarak “ $75 - 1 \times 40 = 35$ cm” olarak bulunur. Bir adet karonun kaç adet eksik kalan kısmı kapatacağı eşitlik 3.5’te yerine yazılırsa “Aşağıyuvarla($40/35;0$)” ifadesi ile 1 adet olarak hesaplanır. Eksik kalan kısım adetini bulmak için eşitlik 3.6 uygulanır. Bu durumda “Yukarıyuvarla($400/80;0$)” ifadesi ile 5 adet eksik kalan kısım hesaplanır. Toplam kesilmesi gereken karo adeti eşitlik 3.7’den “Yukarıyuvarla($5/1;0$)” ile 5 olarak hesaplanır.

Ölçüleri verilen oda için kullanılacak olan toplam karo sayısı Çizelge 4.13’de gösterilmiştir. 40×80 cm boyutlarındaki karonun yüzeye yerleştirilmiş hali şekil 4.17’de görüldüğü gibidir. Şekil 4.17’de yeşil dolgu ile gösterilen alanlar kesilip eksik yüzeye yerleştirilen karolardır. Kırmızı dolgu ile gösterilen alanlar ise kesilip zayi olan karo alanlarını ifade etmektedir.

Çizelge 4.13 : 435x480 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 80x80 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 40x80 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi sonucu

Kesilmeden Kullanılacak Karo	58
Kesilecek Karo Sayısı	6
Toplam Karo Sayısı	64
Zayiat Miktarı (m²)	0,24



Şekil 4.17 : 435x480 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 80x80 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 40x80 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi

4.9 Vaka Analizi 9

645 cm uzunluğunda 315 cm genişliğindeki bir odanın köşe noktasının herhangi bir yerinde 210x70 cm boyutlarında bir boşluk bulunması halinde 60x60 cm boyutlarındaki yer döşeme malzemesi ile hangi örüntüde yerleştirileceği hesaplanmıştır.

Eşitlik 4.1 uygulanarak A1 uzunluğu 480 cm bulunur ve eşitlik 4.2 uygulanarak B1 uzunluğu da 300 cm olarak hesaplanır. Birinci bölge de X yönü için kesilmeden kullanılacak karo sayısı eşitlik 3.1'den 8 adet ve Y yönü için kesilmeden kullanılacak olan karo sayısı da eşitlik 3.2'den 5 olarak hesaplanır. Birinci bölge için kesilmeden kullanılacak karo sayısı $8 \times 5 = 40$ adet olarak hesaplanır.

Eşitlik 4.3 uygulanarak A2 uzunluğu 435 cm ve eşitlik 4.4 uygulanarak B2 uzunluğu da 15 cm olarak hesaplanır. İkinci bölge için kesilmeden kullanılacak karo adeti X yönü için eşitlik 3.1'den 7 adet ve Y yönü için eşitlik 3.2'den 0 adet olarak hesaplanır. İkinci bölge için kesilmeden kullanılacak karo sayısı $7 \times 0 = 0$ adet olarak hesaplanır.

Eşitlik 4.5 uygulanarak A3 uzunluğu 165 cm ve eşitlik 4.6 uygulanarak B3 uzunluğu da 245 cm olarak hesaplanır. Üçüncü bölge için kesilmeden kullanılacak karo adeti X yönü için eşitlik 3.1'den 2 adet ve Y yönü için eşitlik 3.2'den 4 adet olarak hesaplanır. Üçüncü bölge için kesilmeden kullanılacak karo sayısı $2 \times 4 = 8$ olarak hesaplanır.

Ölçüleri verilen oda için kullanılacak olan toplam karo sayısı Çizelge 4.14'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.14 : 645x315 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 210x70 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 60x60 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi sonucu

Kesilmeden Kullanılacak Karo	48
Kesilecek Karo Sayısı	6
Toplam Karo Sayısı	54
Zayiat Miktarı (m²)	0,5925

4.10 Vaka Analizi 10

645 cm uzunluğunda 315 cm genişliğindeki bir odanın köşe noktasının herhangi bir yerinde 210x70 cm boyutlarında bir boşluk bulunması halinde 40x80 cm boyutlarındaki yer döşeme malzemesi ile hangi örüntüde yerleştirileceği hesaplanmıştır.

Eşitlik 4.1 uygulanarak A1 uzunluğu 440 cm bulunur ve eşitlik 4.2 uygulanarak B1 uzunluğu da 240 cm olarak hesaplanır. Birinci bölge de X yönü için kesilmeden kullanılacak karo sayısı eşitlik 3.1'den 11 adet ve Y yönü için kesilmeden kullanılacak olan karo sayısı da eşitlik 3.2'den 3 olarak hesaplanır. Birinci bölge için kesilmeden kullanılacak karo sayısı $11 \times 3 = 33$ adet olarak hesaplanır.

Eşitlik 4.3 uygulanarak A2 uzunluğu 435 cm ve eşitlik 4.4 uygulanarak B2 uzunluğu da 75 cm olarak hesaplanır. İkinci bölge için kesilmeden kullanılacak karo adeti X yönü için eşitlik 3.1'den 10 adet ve Y yönü için eşitlik 3.2'den 0 adet olarak hesaplanır. İkinci bölge için kesilmeden kullanılacak karo sayısı $10 \times 0 = 0$ adet olarak hesaplanır.

Eşitlik 4.5 uygulanarak A3 uzunluğu 205 cm ve eşitlik 4.6 uygulanarak B3 uzunluğu da 245 cm olarak hesaplanır. Üçüncü bölge için kesilmeden kullanılacak karo adeti X yönü için eşitlik 3.1'den 5 adet ve Y yönü için eşitlik 3.2'den 3 adet olarak hesaplanır. Üçüncü bölge için kesilmeden kullanılacak karo sayısı $5 \times 3 = 15$ olarak hesaplanır.

Ölçüleri verilen oda için kullanılacak olan toplam karo sayısı Çizelge 4.15'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.15 : 645x315 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 210x70 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 40x80 cm boyutlarındaki karonun yerleştirilmesi sonucu

Kesilmeden Kullanılacak Karo	48
Kesilecek Karo Sayısı	12
Toplam Karo Sayısı	60
Zayiat Miktarı (m²)	0,3525

4.11 Vaka Analizi 11

Vaka analizi 11,12,13,14'de kalıp hesaplamaları yapılırken karo hesabındaki gibi aynı derz doğrultusunda yerleştirilerek hesap yapılmıştır. Gerçekte imalatlar yapılırken bu doğrultuya dikkat edilmeden kesim yapılmakta ve eksik yüzeyler için malzemeler daha küçük parçalara ayrılmaktadır. Bunun sonucunda ise kesilen küçük parçalar bir başka döşeme yüzeyinde kullanılması neredeyse imkansız hale gelmektedir ve daha çok malzeme zayi olmaktadır.

Düzgün geometriye sahip 645 cm uzunluğunda 355 cm genişliğindeki bir odaya 125x125 cm boyutlarında döşeme kalıp malzemesinin en az malzeme zayiatına yakın nasıl yerleştirileceği hesaplanmıştır.

X yönünde kesilmeden kullanılacak olan malzeme miktarı eşitlik 3.1 ‘den “Aşağıyuvarla(645/125;0)” ifadesi ile 5 adet olarak hesaplanır. Y yönünde kesilmeden kullanılacak malzeme miktarıda eşitlik 3.2’den “Aşağıyuvarla(355/125;0)” ifadesi ile 2 adet olarak bulunur. Odanın X yönünde eksik kalan uzunluğu eşitlik 3.3’den “645-5*125=20 cm” olarak hesaplanır. Y yönünde eksik kalan uzunluk ise eşitlik 3.4’den “355-2*125=105 cm” olarak hesaplanır.

Birinci alternatifte kalıp malzemesi odanın X yönünde yerleştirilmeye başlanması durumunda; bir adet kesilmemiş kalıp malzemesinin X yönünde kaç adet eksik kalan uzunluğu kapatacağı eşitlik 3.5’den “Aşağıyuvarla(125/20;0)=6” adet olarak hesaplanır. Toplam eksik yüzey sayısını bulmak için eşitlik 3.6’dan “Yukarıyuvarla(355/125;0)” ifadesi ile 3 adet olarak hesaplanır. X yönündeki eksik yüzeyleri kapatmak için kesilecek kalıp miktarı eşitlik 3.7’den “Yukarıyuvarla(3/6;0)” ifadesi ile 1 adet olarak bulunur. Aynı şekilde Y yönünde bir adet kesilmemiş kalıp malzemesinin kaç adet eksik yüzeyi kapatacağı eşitlik 3.8’den “Aşağıyuvarla(125/105)” ifadesi ile 1 adet olarak hesaplanmaktadır. Y yönündeki toplam eksik yüzey sayısını bulmak için eşitlik 3.9’dan “Yukarıyuvarla((645-20)/125;0) ifadesi ile 5 adet olarak hesaplanır. Eksik yüzeyleri kapatmak için gerekli olan kalıp malzemesi miktarı eşitlik 3.10’dan “Yukarıyuvarla(5/1;0)” ifadesi ile 5 adet olarak hesaplanır. Toplam kullanacak kalıp malzemesi miktarı X yönünde kesilmeden kullanılan malzeme ile Y yönünde kesilmeden kullanılan malzemesinin çarpılıp, X ve Y yönünde kesilen malzemelerin toplamı ile “5x2+1+5=16” adet olarak hesaplanır. Zayiat miktarıda toplam kullanılan malzemelerin yüzey alanının odanın yüzey alanı ile çıkarılmasıyla “16x1,25x1,25-6,45*3,55=2,1025 m² olarak hesaplanır. Birinci alternatifte ait sonuçlar Çizelge 4.16’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.16 : 125x125 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 645x355 cm boyutlarındaki odaya birinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu

Kesilmeden Kullanılacak Kalıp Malzemesi	10
Kesilecek Kalıp Malzeme Sayısı	6
Toplam Kalıp Malzeme Sayısı	16
Zayiat Miktarı (m²)	2,1025

Birinci alternatifte göre 125x125 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin yerleştirilmesi Şekil 4.18’de gösterildiği gibidir. Şekil 4.18’de yeşil dolgu ile gösterilen alanlar kesilip eksik yüzeye yerleştirilen kalıp malzemesidir. Kırmızı dolgu ile gösterilen alanlar ise kesilip zayı olan kalıp malzemesinin alanlarını ifade etmektedir. Turuncu dolgu ile gösterilen ilk kısım kesilip arta kalan kalıp malzemesidir. Malzemenin arta kalan uzunluğu bir alt sıradaki eksik yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir alt sırada kullanılır ve tekrardan koyu kırmızı dolgu ile gösterilen kısım arta kalır. Malzemenin arta kalan uzunluğu bir alt sıradaki eksik yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir alt sırada kullanılmaya devam eder. En son kırmızı dolgu ile gösterilen alanlar arta kalır ve zayı olur.

Şekil 4.18 : Birinci alternatife göre 125x125 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 645x355 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi

İkinci alternatifte kalıp malzemesi odanın Y yönünde yerleştirilmeye başlanması durumunda; bir adet kesilmemiş kalıp malzemesinin X yönünde kaç adet eksik kalan uzunluğu kapatacağı eşitlik 3.5’den 6 adet olarak hesaplanır. Toplam eksik yüzey sayısını bulmak için eşitlik 3.11’den “Yukarıyuvarla((355-105)/125;0)” ifadesi ile 2 adet olarak hesaplanır. X yönündeki eksik yüzeyleri kapatmak için kesilecek kalıp miktarı eşitlik 3.7’den “Yukarıyuvarla(2/6;0)” ifadesi ile 1 adet olarak bulunur. Aynı şekilde Y yönünde bir adet kesilmemiş kalıp malzemesinin kaç adet eksik yüzeyi kapatacağı eşitlik 3.8’den 1 adet olarak hesaplanmaktadır. Y yönündeki toplam eksik yüzey sayısını bulmak için eşitlik 3.12’den “Yukarıyuvarla(645/125;0)” ifadesi ile 6 adet olarak hesaplanır. Eksik yüzeyleri kapatmak için gerekli olan kalıp malzemesi miktarı eşitlik 3.10’dan

“Yukarıyuvarla(6/1;0)” ifadesi ile 6 adet olarak hesaplanır. Toplam kullanıcak kalıp malzemesi miktarı X yönünde kesilmeden kullanılan malzeme ile Y yönünde kesilmeden kullanılan malzemenin çarpılıp, X ve Y yönünde kesilen malzemelerin toplamı ile “ $5 \times 2 + 1 + 6 = 7$ ” adet olarak hesaplanır. Zayıt miktarda toplam kullanılan malzemelerin yüzey alanının odanın yüzey alanı ile çıkarılmasıyla “ $17 \times 1,25 \times 1,25 - 6,45 \times 3,55 = 3,665 \text{ m}^2$ ” olarak hesaplanır. İkinci alternatife ait sonuçlar Çizelge 4.17’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.17 : 125x125 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 645x355 cm boyutlarındaki odaya ikinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu

Kesilmeden Kullanılacak Kalıp Malzeme	10
Kesilecek Kalıp Malzeme Sayısı	7
Toplam Kalıp Malzeme Sayısı	17
Zayıt Miktarı (m²)	3,665

İkinci alternatife göre 125x125 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin yerleştirilmesi Şekil 4.19’da gösterildiği gibidir. Şekil 4.19’da Turuncu dolgu ile gösterilen ilk kısım kesilip arta kalan kalıp malzemesidir. Kalıp malzemesinin arta kalan uzunluğu bir alt sıradaki eksik yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir alt sırada kullanılır ve tekrardan kırmızı dolgu ile gösterilen kısım arta kalır ve zayı olur. Aynı şekilde Y yönünde yeşil dolgu ile gösterilen alanlar kesilip eksik yüzeye yerleştirilen kalıp malzemesidir. Kırmızı dolgu ile gösterilen alanlar ise kesilip zayı olan kalıp malzemesinin alanlarını ifade etmektedir.



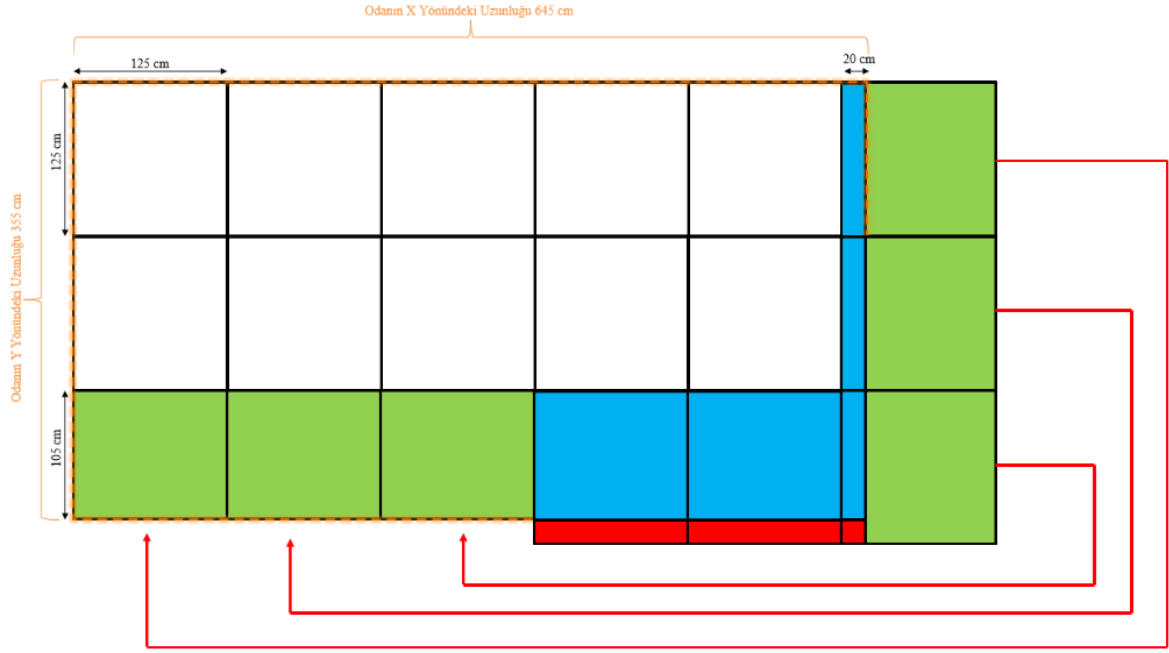
Şekil 4.19 : İkinci alternatife göre 125x125 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 645x355 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi

125x125 cm boyutlarındaki döşeme kalıp malzemesi üçüncü alternatif olarak X yönünde kesilip arta kalan parçaların aynı zamanda karşı yönde kullanılıp kullanılmadığı kontrolü yapılmaktadır. İlk olarak X yönünde arta kalan malzeme uzunluğu eşitlik 3.13'ten " $125-20=105$ cm" bulunur. X yönünde arta kalan 105 cm'lik parçanın Y yönünde eksik kalan 105 cm'lik boşluktan büyük ya da eşit olduğu belirlenir. X yönünde arta kalan parçaların Y yönündeki boşluğun kapatılması için kaç tanesini tamamlayacağı kontrolü yapılır. X yönünde oluşan boşluğu doldurmak için kesilen malzeme sayısı 3 adet olup 105 cm'lik parçalardan oluşmaktadır. Bir adet parçanın Y yönünde kaç adet eksik parçayı kapatacağı eşitlik 3.15 uygulanarak "Aşağıyuvarla ($105/105;0$)" ifadesi ile 1 değeri elde edilir. X yönünde arta kalan parçanın Y yönünde bir adet eksik yüzeyi kapattığı belirlenir. X yönünde kesilip arta kalan bütün parçalar ile Y yönünde 3 adet eksik yüzey tamamlanır. Bütün arta kalan malzemeler eksik kalan yüzeylerde kullanılması rağmen eksik kalan yüzeyler mevcuttur. Eksik kalan yüzeyler için bir adet 125x125 cm uzunluğunda kalıp malzemesi eksik yüzey uzunluğu boyunca kesilip yüzeye yerleştirilir ve işlemler eksik kalan yüzey tamamlanıncaya kadar devam eder. Çizelge 4.18'de üçüncü alternatife ait sonuçlar yer almaktadır.

Çizelge 4. 18 : 125x125 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 645x355 cm boyutlarındaki odaya üçüncü alternatif ile yerleştirilmesi sonucu

Kesilmeden Kullanılacak Kalıp Malzeme	10
Kesilecek Kalıp Malzeme Sayısı	5
Toplam Kalıp Malzeme Sayısı	15
Zayiat Miktarı (m²)	0,54

Şekil 4.20'de arta kalan parçaların karşı Y yönünde eksik kalan kısma yerleştirilmesi görülmektedir. Şekil 4.20'de yeşil dolgu ile gösterilen alanlar kesilip karşı tarafta kullanılan kalıp malzemesidir. Kırmızı dolgu ile gösterilen alanlar ise kesilip zayı olan kalıp malzemesinin alanını ifade etmektedir. Mavi dolgu ile gösterilen alanlarda eksik yüzeye kesilip yerleştirilen kalıp alanlarıdır. Çizelge 4.11'de üçüncü alternatife ait sonuçlar yer almaktadır.



Şekil 4.20 : Üçüncü alternatife göre 125x125 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 645x355 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi

125x125 cm boyutlarındaki karonun kesim seçeneklerinin tamamının denenmesinden sonra hangi alternatifin daha az zayıt ile sonuç vereceği tüm alternatifler karşılaştırılarak verilmektedir. 645x355 cm boyutlarındaki odaya 125x125 cm boyutlarındaki döşeme kalıp malzemesi kesilmeden 10 adet olarak kullanılmaktadır. Kalan eksik yüzeyler için alternatifler değerlendirildiği zaman üçüncü alternatifteki zayıt miktarı en az olduğu için eksik yüzeylere kullanılacak malzeme adeti 5 bulunur. Toplamda bu oda yüzeyinin eksiksiz minimum zayıt ile kaplanması için gerekli olan 125x125 cm boyutlarındaki döşeme kalıbı malzemesi adeti 15 olarak hesaplanır.

4.12 Vaka Analizi 12

Düzgün geometriye sahip 980 cm uzunluğunda 614 cm genişliğindeki bir odaya 122x244 cm boyutlarında döşeme kalıp malzemesinin en az malzeme zayıtına yakın nasıl yerleştirileceği hesaplanmıştır.

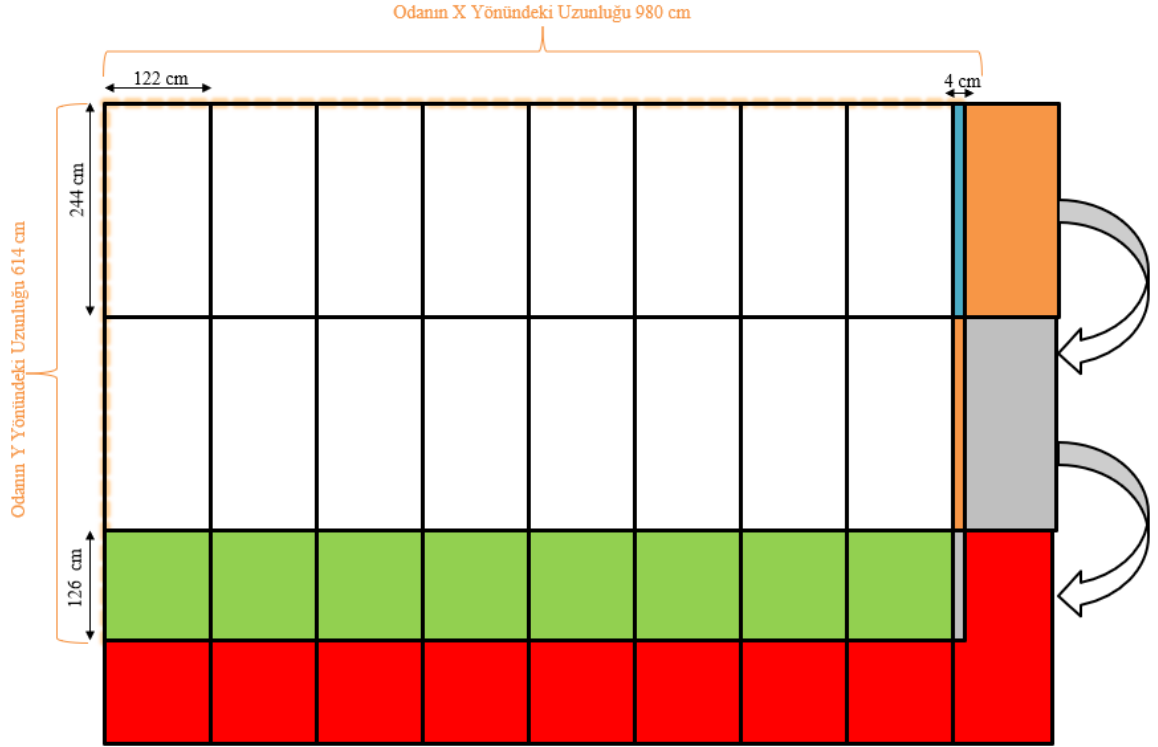
X yönünde kesilmeden kullanılacak olan malzeme miktarı eşitlik 3.1 ‘den “Aşağıyuvarla(980/122;0)” ifadesi ile 8 adet olarak hesaplanır. Y yönünde kesilmeden kullanılacak malzeme miktarıda eşitlik 3.2’den “Aşağıyuvarla(614/244;0)” ifadesi ile 2 adet olarak bulunur. Odanın X yönünde eksik kalan uzunluğu eşitlik 3.3’den “980-8*122=4 cm” olarak hesaplanır. Y yönünde eksik kalan uzunluk ise eşitlik 3.4’den “614-2*244=126 cm” olarak hesaplanır.

Birinci alternatifte kalıp malzemesi odanın X yönünde yerleştirilmeye başlanması durumunda; bir adet kesilmemiş kalıp malzemesinin X yönünde kaç adet eksik kalan uzunluğu kapatacağı eşitlik 3.5'den “Aşağıyuvarla(122/4;0)” ifadesi ile 30 adet olarak hesaplanır. Toplam eksik yüzey sayısını bulmak için eşitlik 3.6'dan “Yukarıyuvarla(614/244;0)” ifadesi ile 2 adet olarak hesaplanır. X yönündeki eksik yüzeyleri kapatmak için kesilecek kalıp miktarı eşitlik 3.7'den “Yukarıyuvarla(2/30;0)” ifadesi ile 1 adet olarak bulunur. Aynı şekilde Y yönünde bir adet kesilmemiş kalıp malzemesinin kaç adet eksik yüzeyi kapatacağı eşitlik 3.8'den “Aşağıyuvarla(244/126)” ifadesi ile 1 adet olarak hesaplanmaktadır. Y yönündeki toplam eksik yüzey sayısını bulmak için eşitlik 3.9'dan “Yukarıyuvarla((980-4)/122;0)” ifadesi ile 8 adet olarak hesaplanır. Eksik yüzeyleri kapatmak için gerekli olan kalıp malzemesi miktarı eşitlik 3.10'dan “Yukarıyuvarla(8/1;0)” ifadesi ile 8 adet olarak hesaplanır. Toplam kullanacak kalıp malzemesi miktarı X yönünde kesilmeden kullanılan malzeme ile Y yönünde kesilmeden kullanılan malzemesinin çarpılıp, X ve Y yönünde kesilen malzemelerin toplamı ile “ $8 \times 2 + 1 + 8 = 25$ ” adet olarak hesaplanır. Zayıt miktarıda toplam kullanılan malzemelerin yüzey alanının odanın yüzey alanı ile çıkarılmasıyla “ $25 \times 1,22 \times 2,44 - 9,8 \times 6,14 = 14,248 \text{ m}^2$ ” olarak hesaplanır. Birinci alternatifte ait sonuçlar Çizelge 4.19'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.19 : 122x244 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 980x614 cm boyutlarındaki odaya birinci alternatif ile yerleştirilmesi sonucu

Kesilmeden Kullanılacak Kalıp Malzeme	16
Kesilecek Kalıp Malzeme Sayısı	9
Toplam Kalıp Malzeme Sayısı	25
Zayıt Miktarı (m²)	14,248

Birinci alternatifte göre 122x244 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin yerleştirilmesi Şekil 4.21'de gösterildiği gibidir. Şekil 4.21'de Turuncu dolgu ile gösterilen ilk kısım kesilip arta kalan kalıp malzemesidir. Malzemenin arta kalan uzunluğu bir alt sıradaki eksik yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir alt sırada kullanılır ve tekrardan gri dolgu ile gösterilen kısım arta kalır ve bu arta kalan malzemenin uzunluğu bir alt sıradaki eksik yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir alt sırada kullanılır ve kırmızı dolgu ile gösterilen malzeme arta kalır ve zayıt olur. Y yönünde yeşil dolgu ile gösterilen alanlar eksik yüzeye kesilip yerleştirilen kalıp malzemesini ifade eder. Kırmızı dolgu ile gösterilen alanlar ise arta kalıp zayıt olur.



Şekil 4.21 : Birinci alternatife göre 122x244 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 980x614 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi

İkinci alternatifte kalıp malzemesi odanın Y yönünde yerleştirilmeye başlanması durumunda; bir adet kesilmemiş kalıp malzemesinin X yönünde kaç adet eksik kalan uzunluğu kapatacağı eşitlik 3.5’den 30 adet olarak hesaplanır. Toplam eksik yüzey sayısını bulmak için eşitlik 3.11’den “Yukarıyuvarla((614-126)/244;0)” ifadesi ile 2 adet olarak hesaplanır. X yönündeki eksik yüzeyleri kapatmak için kesilecek kalıp miktarı eşitlik 3.7’den “Yukarıyuvarla(2/30;0)” ifadesi ile 1 adet olarak bulunur. Aynı şekilde Y yönünde bir adet kesilmemiş kalıp malzemesinin kaç adet eksik yüzeyi kapatacağı eşitlik 3.8’den 1 adet olarak hesaplanmaktadır. Y yönündeki toplam eksik yüzey sayısını bulmak için eşitlik 3.12’den “Yukarıyuvarla(980/122;0)” ifadesi ile 9 adet olarak hesaplanır. Eksik yüzeyleri kapatmak için gerekli olan kalıp malzemesi miktarı eşitlik 3.10’dan “Yukarıyuvarla(9/1;0)” ifadesi ile 9 adet olarak hesaplanır. Toplam kullanıcak kalıp malzemesi miktarı X yönünde kesilmeden kullanılan malzeme ile Y yönünde kesilmeden kullanılan malzemesinin çarpılıp, X ve Y yönünde kesilen malzemelerin toplamı ile “ $8 \times 2 + 1 + 9 = 26$ ” adet olarak hesaplanır. Zayıt miktarda toplam kullanılan malzemelerin yüzey alanının odanın yüzey alanı ile çıkarılmasıyla $26 \times 1,22 \times 2,44 - 9,8 \times 6,14 = 17,2248 \text{ m}^2$ olarak hesaplanır. İkinci alternatife ait sonuçlar Çizelge 4.20’de gösterilmiştir.

parçanın Y yönünde eksik kalan 126 cm’lik boşluktan küçük olduğu belirlenir ve arta kalan malzeme karşı tarafta kullanılamaz ve bu nedenle sadece ilk iki alternatif üzerinden değerlendirme yapılır.

122x244 cm boyutlarındaki karonun kesim seçeneklerinin tamamının denenmesinden sonra hangi alternatifin daha az zayıta yakın sonuç vereceği tüm alternatifler karşılaştırılarak verilmektedir. 980x614 cm boyutlarındaki odaya 122x244 cm boyutlarındaki kalıp malzemesi kesilmeden 16 adet olarak kullanılmaktadır. Kalan eksik yüzeyler için alternatifler değerlendirildiği zaman birinci alternatifteki zayıt miktarı daha az olduğu için ilk alternatif seçilir ve eksik yüzeylere kullanılacak kalıp malzeme adeti 9 bulunur. Toplamda bu oda yüzeyinin minimum zayıta yakın kaplanması için gerekli olan 122x244 cm boyutlarındaki malzeme adeti 25 olarak hesaplanır.

122x244 cm boyutlarında kalıp malzemesi 980x614 cm boyutlarındaki döşeme yüzeyine 90° döndürülerek yerleştirilmesi yapılırsa yani 244x122 şeklinde yerleştirilmesi yapılırsa oluşacak olan sonuç aşağıdaki gibidir.

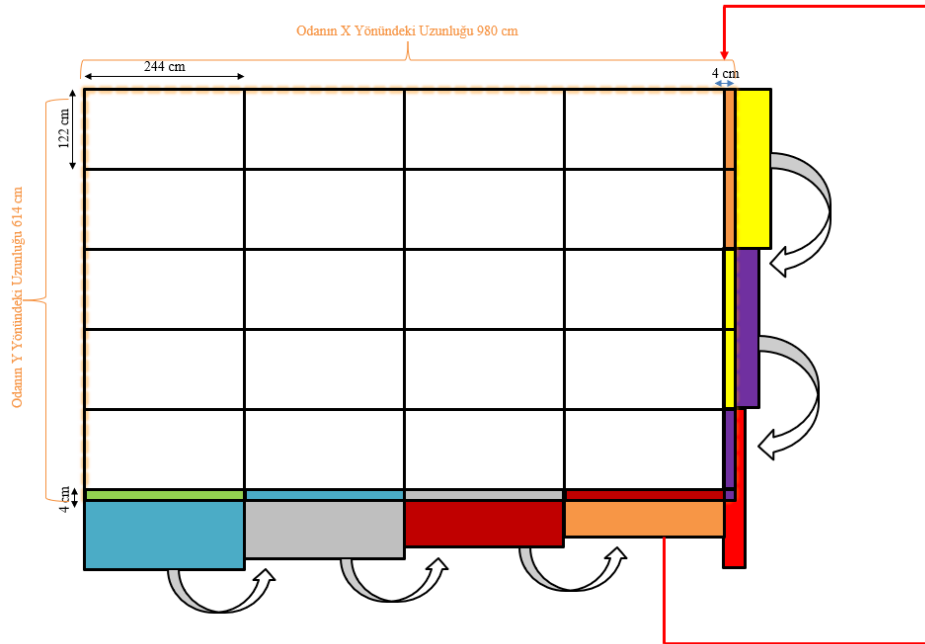
X yönünde kesilmeden kullanılacak olan malzeme miktarı eşitlik 3.1 ‘den “Aşağıyuvarla(980/244;0)” ifadesi ile 4 adet olarak hesaplanır. Y yönünde kesilmeden kullanılacak malzeme miktarıda eşitlik 3.2’den “Aşağıyuvarla(614/122;0)” ifadesi ile 5 adet olarak bulunur. Odanın X yönünde eksik kalan uzunluğu eşitlik 3.3’den “980-4*244=4 cm” olarak hesaplanır. Y yönünde eksik kalan uzunluk ise eşitlik 3.4’den “614-5*122=4 cm” olarak hesaplanır. Odanın toplam kalan eksik yüzey miktarı bir adet kalıp malzemesinin uzunluğundan düşük olduğu için 1 adet kalıp malzemesi kesilerek bütün eksik yüzeyler tamamlanmış olur. Sonuçlar Çizelge 4.21’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.21 : 244x122 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 980x614 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi sonucu

Kesilmeden Kullanılacak Kalıp Malzemesi	20
Kesilecek Kalıp Malzemesi Sayısı	1
Toplam Kalıp Malzemesi Sayısı	21
Zayıt Miktarı (m²)	2,3408

244x122 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin yüzeye yerleştirilmesi Şekil 4.23’de gösterilmiştir. Şekil 4.23’de Açık mavi dolgu ile gösterilen ilk kısım kesilip arta kalan kalıp malzemesidir. Malzemenin arta kalan uzunluğu bir yan sıradaki eksik yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir yan sırada kullanılır ve tekrardan gri dolgu ile gösterilen kısım arta kalır ve bu arta kalan malzemenin uzunluğu bir yan sıradaki eksik

yüzey uzunluğundan büyük olduğu için bir yan sırada kullanır ve koyu kırmızı dolgu ile gösterilen malzeme arta kalır ve bu arta kalan malzemede bir yandaki eksik yüzeyden büyük olduğu için bir yan sırada kullanılır ve turuncu dolgu ile gösterilen malzeme arta kalır. Y yönünde eksik malzeme yüzeyi kalmadığı için arta kalan malzeme 90° döndürülerek X yönündeki eksik kalan yüzey uzunluğundan büyük olduğu görülür ve bu kısımda kullanılır. Kullanıldıktan sonra sarı dolgu ile gösterilen malzeme arta kalır ve bu arta kalan malzemede bir alt sıradaki eksik yüzeyden büyük olduğu için bir alt sırada kullanılır ve mor dolgu ile gösterilen alan arta kalır. Bu arta kalan malzemede bir alt sıradaki eksik yüzeyden büyük olduğu için bir alt sırada kullanılır ve kırmızı dolgu ile gösterilen malzeme arta kalır. Tüm eksik yüzeyler kapatıldığından dolayı kırmızı dolgu ile gösterilen kalıp malzemesi zayi olur.



Şekil 4.23 : 244x122 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin 980x614 cm boyutlarındaki odaya yerleştirilmesi

4.13 Vaka Analizi 13

575 cm uzunluğunda 380 cm genişliğindeki bir odanın köşe noktasının herhangi bir yerinde 210x70 cm boyutlarında bir boşluk bulunması halinde 125x125 cm boyutlarındaki döşeme kalıp malzemesi ile hangi örüntüde yerleştirileceği hesaplanmıştır.

Eşitlik 4.1 uygulanarak A1 uzunluğu 375 cm bulunur ve eşitlik 4.2 uygulanarak B1 uzunluğu da 375 cm olarak hesaplanır. Birinci bölge de X yönü için kesilmeden

kullanılacak kalıp malzemesi sayısı eşitlik 3.1'den 3 adet ve Y yönü için kesilmeden kullanılacak olan kalıp malzemesi sayısı da eşitlik 3.2'den 3 olarak hesaplanır. Birinci bölge için kesilmeden kullanılacak kalıp malzemesi sayısı $3 \times 3 = 9$ adet olarak hesaplanır.

Eşitlik 4.3 uygulanarak A2 uzunluğu 365 cm ve eşitlik 4.4 uygulanarak B2 uzunluğu da 5 cm olarak hesaplanır. İkinci bölge için kesilmeden kullanılacak kalıp malzemesi adeti X yönü için eşitlik 3.1'den 2 adet ve Y yönü için eşitlik 3.2'den 0 adet olarak hesaplanır. İkinci bölge için kesilmeden kullanılacak kalıp sayısı $2 \times 0 = 0$ adet olarak hesaplanır.

Eşitlik 4.5 uygulanarak A3 uzunluğu 200 cm ve eşitlik 4.6 uygulanarak B3 uzunluğu da 310 cm olarak hesaplanır. Üçüncü bölge için kesilmeden kullanılacak kalıp malzemesi adeti X yönü için eşitlik 3.1'den 1 adet ve Y yönü için eşitlik 3.2'den 2 adet olarak hesaplanır. Üçüncü bölge için kesilmeden kullanılacak kalıp malzemesi sayısı $2 \times 1 = 2$ olarak hesaplanır.

Ölçüleri verilen oda için kullanılacak olan toplam kalıp malzemesi sayısı Çizelge 4.22'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.22 : 645x315 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 210x70 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 125x125 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin yerleştirilme sonucu

Kesilmeden Kullanılacak Kalıp Malzemesi	11
Kesilecek Kalıp Malzemesi Sayısı	4
Toplam Kalıp Malzemesi Sayısı	15
Zayiat Miktarı (m²)	3,0575

4.14 Vaka Analizi 14

615 cm uzunluğunda 720 cm genişliğindeki bir odanın köşe noktasının herhangi bir yerinde 210x70 cm boyutlarında bir boşluk bulunması halinde 150x300 cm boyutlarındaki döşeme kalıp malzemesi ile hangi örüntüde yerleştirileceği hesaplanmıştır.

Eşitlik 4.1 uygulanarak A1 uzunluğu 450 cm bulunur ve eşitlik 4.2 uygulanarak B1 uzunluğu da 600 cm olarak hesaplanır. Birinci bölge de X yönü için kesilmeden kullanılacak kalıp malzemesi sayısı eşitlik 3.1'den 3 adet ve Y yönü için kesilmeden kullanılacak olan kalıp malzemesi sayısı da eşitlik 3.2'den 2 olarak hesaplanır. Birinci bölge için kesilmeden kullanılacak kalıp malzemesi sayısı $3 \times 2 = 6$ adet olarak hesaplanır.

Eşitlik 4.3 uygulanarak A2 uzunluğu 405 cm ve eşitlik 4.4 uygulanarak B2 uzunluğu da 120 cm olarak hesaplanır. İkinci bölge için kesilmeden kullanılacak kalıp malzemesi adeti X yönü için eşitlik 3.1'den 2 adet ve Y yönü için eşitlik 3.2'den 0 adet olarak hesaplanır. İkinci bölge için kesilmeden kullanılacak kalıp sayısı $2 \times 0 = 0$ adet olarak hesaplanır.

Eşitlik 4.5 uygulanarak A3 uzunluğu 165 cm ve eşitlik 4.6 uygulanarak B3 uzunluğu da 650 cm olarak hesaplanır. Üçüncü bölge için kesilmeden kullanılacak kalıp malzemesi adeti X yönü için eşitlik 3.1'den 1 adet ve Y yönü için eşitlik 3.2'den 2 adet olarak hesaplanır. Üçüncü bölge için kesilmeden kullanılacak kalıp malzemesi sayısı $2 \times 1 = 2$ olarak hesaplanır.

Ölçüleri verilen oda için kullanılacak olan toplam kalıp malzemesi sayısı Çizelge 4.22'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.23 : 615x720 cm boyutlarındaki odanın herhangi bir köşesinde 210x70 cm boyutlarında bir yapı elemanı bulunduğunda 150x300 cm boyutlarındaki kalıp malzemesinin yerleştirilme sonucu

Kesilmeden Kullanılacak Kalıp Malzemesi	8
Kesilecek Kalıp Malzemesi Sayısı	3
Toplam Kalıp Malzemesi Sayısı	11
Zayiat Miktarı (m²)	6,69

4.15 Vaka Analizi 15

Bu analizde 10 katlı her katında 4 daire olan ve her dairede düzgün geometri ile inşa edilmiş 2+1 odaya sahip tipik bir apartman incelenmiştir. Birinci odanın boyutu 495x525 cm, ikinci odanın boyutu 511x367 cm ve salonun boyutu da 745x515 cm boyutlarındadır. Binaya 60x60 cm boyutlarındaki karo malzemesinin malzeme zayıyatını en az indirme çalışması yapılmadan yerleştirilmesi ile tez kapsamında önerilen en az malzeme zayıyatını veren yöntemle yerleştirilmesi sonucu oluşan malzeme zayıyatları karşılaştırılmıştır. Malzeme zayıyatı dikkate alınmadan gerçekleştirilen yerleştirilmede odada her eksik kalan uzunluk için bir adet karo kesilip yerleştirilir. Bir daire için kullanılacak malzeme adetine ve oluşacak zayıyat miktarına ait bilgiler Çizelge 4.24'te gösterilmiştir. Bir katta 4 daire bulunduğu ve hepsi aynı boyutlara sahip olduğu için bir daire de kullanılacak malzeme miktarı ve oluşacak zayıyat hesaplanır sonra 4 ile çarpılarak bir katta kullanılacak malzeme adetini ve oluşacak zayıyat miktarı hesaplanır. Toplamda on kat için kullanılacak malzeme sayısı ve oluşacak zayıyat miktarı da bir katta kullanılan

malzeme sayısının 10 ile çarpılması ile kullanılacak toplam malzeme miktarını ve oluşacak toplam zayıat miktarı hesaplanır. Toplam kullanılacak ve oluşacak zayıata ait bilgiler de Çizelge 4.25’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.24 : Bir daire için kullanılacak karo malzemelerinin karşılaştırılması

Odalar	60x60 cm karo					
	Rastgele Yerleşim		Önerilen Yöntem		Fark	
	Miktar (Adet)	Zayıat (m ²)	Miktar (Adet)	Zayıat (m ²)	Miktar (Adet)	Zayıat (m ²)
495x525 cm	81	3,1725	73	0,2925	8	2,88
511x367 cm	63	3,9263	54	0,6863	9	3,24
745x515 cm	117	3,7525	108	0,5125	9	3,24
Toplam	261	10,8513	235	1,4913	26	9,36

Çizelge 4.25 : Toplamda on kat için kullanılacak karo malzemelerinin karşılaştırılması

	Rastgele Yerleşim		Önerilen Yöntem		Fark	
	Miktar (Adet)	Zayıat (m ²)	Miktar (Adet)	Zayıat (m ²)	Miktar (Adet)	Zayıat (m ²)
Bir Daire	261	10,8513	235	1,4913	26	9,36
Bir Kat	1.044	43,4052	940	5,9652	104	37,44
On Kat	10.440	434,052	9.400	59,652	1.040	374,40

Aynı odalar için bu binaya 125x125 cm boyutlarındaki kalıp malzemesi ile döşeme kalıbı yerleştirilmesi durumunda rastgele yöntem ile önerilen yöntemin karşılaştırılması yapılmıştır. Bir daire için kullanılacak malzeme adedine ve oluşacak zayıat miktarına ait bilgiler Çizelge 4.26’da gösterilmiştir. Kalıplar kullanılırken sökölüp takılma yapıldığı için bir kattaki kullanılacak malzeme adeti on katta kullanılacak malzeme miktarına eşit olduğu için bir daire de hesaplanan miktarlar 4 ile çarpılır ve toplamda on kat için kullanılacak döşeme kalıbı miktarı ve oluşacak zayıat hesaplanır. Toplam kullanılacak malzeme miktarı ve oluşacak zayıat miktarına ait değerlerde Çizelge 4.27’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.26 : Bir daire için kullanılacak döşeme kalıp malzemelerinin karşılaştırılması

Odalar	125x125 cm kalıp malzemesi					
	Rastgele Yerleşim		Önerilen Yöntem		Fark	
	Miktar (Adet)	Zayıat (m ²)	Miktar (Adet)	Zayıat (m ²)	Miktar (Adet)	Zayıat (m ²)
495x525 cm	20	5,2625	17	0,575	3	4,6875
511x367 cm	15	4,6838	13	1,5588	2	3,125
745x515 cm	30	8,5075	25	0,695	5	7,8125
Toplam	65	18,4538	55	2,8288	10	15,625

Çizelge 4.27 : Toplamda on kat için kullanılacak döşeme kalıp malzemelerinin karşılaştırılması

	Rastgele Yerleşim		Önerilen Yöntem		Fark	
	Miktar (Adet)	Zayiat (m ²)	Miktar (Adet)	Zayiat (m ²)	Miktar (Adet)	Zayiat (m ²)
Bir Daire	65	18,4538	55	2,8288	10	15,625
Bir Kat	260	73,8152	220	11,3152	40	62,5
On Kat	260	73,8152	220	11,3152	40	62,5

4.16 Vaka Analizi 16

Bu analizde 10 katlı her katında 4 daire olan ve her dairede düzgün geometri ile inşa edilmiş 2+1 odaya sahip tipik bir apartman incelenmiştir. Birinci odanın boyutu 495x525 cm, ikinci odanın boyutu 511x367 cm ve salonun boyutu da 745x515 cm boyutlarındadır. Bu binaya ilk başta 40x80 cm boyutlarındaki karonun, karo malzemesinin malzeme zayıyatını en az indirme çalışması yapılmadan yerleştirilmesi ile tez kapsamında önerilen en az malzeme zayıyatını veren yöntemle yerleştirilmesi ve ayrıca farklı boyutlardaki karolar ile yerleştirilmesi sonucu oluşan malzeme zayıyatları karşılaştırılmıştır. Bir daire için kullanılacak malzeme adetine ve oluşacak zayıyat miktarına ait bilgiler Çizelge 4.28’de gösterilmiştir. Bir katta 4 daire bulunduğu için ve hepsi aynı boyutlara sahip olduğu için bir daire de kullanılacak malzeme miktarı ve oluşacak zayıyat hesaplanır sonra 4 ile çarpılarak bir katta kullanılacak malzeme adetini ve oluşacak zayıyat miktarı hesaplanır. Toplamda on kat için kullanılacak malzeme sayısı ve oluşacak zayıyat miktarı da bir katta kullanılan malzeme sayısının 10 ile çarpılması ile kullanılacak toplam malzeme miktarını ve oluşacak zayıyat miktarı hesaplanır. Toplam kullanılacak ve oluşacak zayıyata ait bilgiler de Çizelge 4.29’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.28 : Bir daire için farklı boyutlarda kullanılacak karo malzemelerinin karşılaştırılması

Odalar	40x80 cm karo		40x80 cm karo		80x40 cm karo		60x60 cm karo		80x80 cm karo	
	Rastgele Yerleşim		Önerilen Yöntem		Önerilen Yöntem		Önerilen Yöntem		Önerilen Yöntem	
	Miktar (Adet)	Zayiat (m ²)	Miktar (Adet)	Zayiat (m ²)	Miktar (Adet)	Zayiat (m ²)	Miktar (Adet)	Zayiat (m ²)	Miktar (Adet)	Zayiat (m ²)
495x525 cm	91	3,1325	88	2,1725	82	0,2525	73	0,2925	42	0,8925
511x367 cm	65	2,0463	65	2,0463	60	0,4463	54	0,6863	30	0,4463
745x515 cm	133	4,1925	124	1,3125	122	0,6725	108	0,5125	61	0,6725
Toplam	289	9,3713	277	5,5313	264	1,3713	235	1,4913	133	2,0113

Çizelge 4.29 : Toplamda on kat için kullanılacak farklı boyulardaki karo malzemelerinin karşılaştırılması

	40x80 cm karo		40x80 cm karo		80x40 cm karo		60x60 cm karo		80x80 cm karo	
	Rastgele Yerleşim		Önerilen Yöntem		Önerilen Yöntem		Önerilen Yöntem		Önerilen Yöntem	
	Miktar (Adet)	Zayiat (m ²)	Miktar (Adet)	Zayiat (m ²)	Miktar (Adet)	Zayiat (m ²)	Miktar (Adet)	Zayiat (m ²)	Miktar (Adet)	Zayiat (m ²)
Bir Daire	289	9,3713	277	5,5313	264	1,3713	235	1,4913	133	2,0113
Bir Kat	1.156	37,4852	1.108	22,1252	1.056	5,4852	940	5,9652	532	8,0452
On Kat	11.560	374,852	11.080	221,252	10.560	54,852	9.400	59,652	5.320	80,452

Yapılan hesaplamalar doğrultusunda bu bina için en az zayiat ile kullanılması gereken malzeme boyutunun 80x40 cm boyutlarındaki karo malzemesi olmuştur. En kötü seçenek ise 40x80 boyutlarında imalatın yapılmasıdır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

YBM üzerine ile yapılmış olan birçok çalışma mevcuttur fakat yer karosunun en az zayıyla yerleştirilmesi veya zayıatın hesaplanması ile ilgili literatürde yapılmış olan bir çalışma bulunmamaktadır. Bu durum inşaat sürecindeki malzeme zayıatının giderilmesi üzerine yapılan çalışmalar üzerindeki literatür eksikliğini göstermektedir.

Yer karosu miktarının hesaplamaları metrekaare biriminde yapılır ve siparişler hesaplanan değere göre verilmektedir. Oda ve malzeme boyutlarının uyumu dikkate alınmadan metraj değerine göre sipariş verilirse malzeme yüzeye döşenirken odanın boyut ölçülerine göre kesildiğinde yüksek miktarda zayıat olursa malzeme yetersiz kalabilir. Yeni malzeme siparişinin verilir şantiyeye getirilene kadar geçen sürede iş duracak ve inşaat gecikecektir. Ayrıca düşük miktarda sipariş verilmesi ile öngörülmeleyen nakliye, ele alma gibi maliyet artışları ortaya çıkacaktır. Bu yüzden işçilik ve yapım maliyetlerinin yanında yapım süreleri de artmaktadır. Şantiye yönetiminde hız ve maliyet ön planda olduğu için bu da ciddi sıkıntılara sebebiyet vermektedir.

Geliştirilen uygulama sayesinde mimar ve mühendisler sadece odanın boyutlarını girerek farklı boyutlardaki malzemelerin yüzeye döşenmesi durumunda oluşacak zayıat miktarlarını rahatlıkla görebilecek ve bu sayede istenilen alternatifi seçme şansı bulunacaktır. Proje halinde iken bu hesaplamaların yapılması ile en az zayıatın nasıl elde edilebileceği sunulduğu için müteahhitlerin giderleri azalacak ve yapım süreleri kısaldığı için daha fazla iş yapma imkânı bulacaklardır.

Tasarruf edilen miktar küçük olduğu için çok göz ardı edilebilir olarak değerlendirilebilir, fakat inşaat işlerinde çok fazla imalat kalemi bulunmakta ve her kaleminde küçük tasarrufların yapılması toplamda önemli miktarların elde edilmesini sağlayabilecektir.

Ayrıca geliştirilen sistem sayesinde farklı imalat kalemleri ile alakalı çözümler yapılabilmektedir. Sistem şu anda düzgün geometriye sahip yüzeylere en iyi sonucu vermektedir. Fakat kolon dışı, şaft boşluğu vb. gibi yapı elemanlarının oda geometrisini bozan durumlarda minimum zayıata yaklaşık sonuç alınmaktadır. Karmaşık geometriye sahip yüzeylerde en iyi sonucu verememektedir. Fakat bu çalışmanın geliştirilmesi ile daha karmaşık geometriye sahip mekânların yer döşemesi sırasında oluşacak zayıatlar kolaylıkla hesaplanacaktır.

Malzeme boyutlarının artması oda için gerekli olan malzeme miktarını azaltabilir fakat malzeme boyutunun artması ile daha çok iş gücü gerekeceğinden dolayı hesaplamalar

yapılırken bu ihtimal gözardı edilip sadece kaplanacak yüzeyde farklı boyutlarda kullanılacak malzemelerin en az zayiata ya da en az zayiata yakın döşenmesinin hesaplanması yapılmıştır.



KAYNAKLAR

- AMERICA, A.** (2005). The contractors guide to BIM. Las Vegas, NV AGC Research Foundation.
- Ashcraft, H. W.** (2008). Building information modeling: A framework for collaboration. Constr. Law., 28, 5.
- Autodesk Knowledge Network,** Compound Structure, <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/Revit-Model/files/GUID-08E47F82-BFA1-4CAB-B2EA-6C8DC9049AD8-htm.html>, (2018), Accessed date: 2 August 2018.
- Azhar, S.** (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. Leadership and management in engineering, 11(3), 241-252.
- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T.** (2012). Building information modeling (BIM): now and beyond. Australasian Journal of Construction Economics and Building, The, 12(4), 15-28.
- Bazjanac, V.** (2006). Virtual building environments (VBE)-applying information modeling to buildings. August, 29, 2009.
- Becker, T. C., Jaselskis, E. J., El-Gafy, M., & Du, J.** (2012). Industry practices for estimating, controlling, and managing key indirect construction costs at the project level. In Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World (pp. 2469-2478)..
- Bečvarovská, R., & Matějka, P.** (2014). Comparative analysis of creating traditional quantity takeoff method and using a BIM tool. In Construction Maeconomics Conference (pp. 1-4).
- Clifford, N., Cope, M., Gillespie, T., & French, S. (Eds.).** (2016). Key methods in geography. Sage.
- Dynamo YBM.** (2016). Retrieved from website: <http://dynamoYBM.org/>

- Eastman, C. M., Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K.** (2011). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. John Wiley & Sons.
- Glick, S., & Guggemos, A.** (2009, April). IPD and BIM: benefits and opportunities for regulatory agencies. In Proceedings of the 45th ASC National Conference, Gainesville, Florida, April (Vol. 2, No. 4).
- Hardin, B.** (2009). BIM and Construction Management: proven Tools, Methods, and Workflows. Wiley Publishing Inc. Indianapolis, Indiana.
- Innovation, C. C.** (2007). Adopting BIM for facilities management: Solutions for managing the Sydney Opera House. Cooperative Research Center for Construction Innovation, Brisbane, Australia.
- Khosakitchalert, C., Yabuki, N., & Fukuda, T.** (2018). The accuracy enhancement of architectural walls quantity takeoff for schematic BIM models. In ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction (Vol. 35, pp. 1-8). IAARC Publications.
- Khosakitchalert, C., Yabuki, N., & Fukuda, T.** (2019). Automatic concrete formwork quantity takeoff using building information modeling. In Proceedings of the 19th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality (CONVR) (pp. 21-28).
- Khosakitchalert, C., Yabuki, N., & Fukuda, T.** (2019). BIM-based wall framing calculation algorithms for detailed quantity takeoff. In Proceedings of the 4th International Conference on Civil and Building Engineering Informatics (ICCBEI) (pp. 251-258).
- Khosakitchalert, C., Yabuki, N., & Fukuda, T.** (2019). Improving the accuracy of BIM-based quantity takeoff for compound elements. Automation in Construction, 106, 102891.
- Kim, K., & Teizer, J.** (2014). Automatic design and planning of scaffolding systems using building information modeling. Advanced Engineering Informatics, 28(1), 66-80.
- Leech, B. L.** (2002). Asking questions: Techniques for semistructured interviews. PS: Political Science & Politics, 35(4), 665-668.

- Newton, R. S.** (2004). Inadequate interoperability in construction wastes 415.8 billion annually. AECNews. com, 13.
- Olsen, D., & Taylor, J. M.** (2017). Quantity take-off using building information modeling (BIM), and its limiting factors. *Procedia engineering*, 196, 1098-1105.
- Post, N.** (2009). Building team members see progress and problems. *Eng. News-Rec*, 262, 12-28.
- Ratay, R. T.** (1987). Temporary structures in construction operations. ASCE.
- Ratay, R. T.** (2004). Temporary structures in construction–USA practices. *Structural engineering international*, 14(4), 292-295.
- Rubenstone, J.** (2012). Autodesk Steers Users Toward the Cloud With Expanded Subscription-based Services'. *Engineering News Record*, 16.
- Soon, L. T., Leong, B. T., Liew, V. F., Ang, F. L., Hassan, H., & Abidin, N. Z.** THE EFFECTS AND EXPECTATIONS OF MEASUREMENT & DOCUMENTATION FOR 3D MODELLING IN QUANTITY SURVEYING PROFESSION.
- Yang, B., Zhang, B., Wu, J., Liu, B., & Wang, Z.** (2019). A BIM-based quantity calculation framework for frame-shear wall structure. *Structural Engineering International*, 29(2), 282-291.
- Zhang, H. L., Van der Velden, C., Yu, X., Bil, C., Jones, T., & Fieldhouse, I.** (2009, November). Developing a rule engine for automated feature recognition from CAD models. In 2009 35th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics (pp. 3925-3930). IEEE.
- Zima, K.** (2017). Impact of information included in the BIM on preparation of Bill of Quantities. *Procedia engineering*, 208, 203-210.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyadı: Enes Hakan ZAFER

ÖĞRENİM DURUMU:

Lisans: İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

Malatya Büyükşehir Belediyesi 2017-Devam

Rönesans Holding /Rönesans Medikal Taahhüt İnşaat A.Ş./Teknik Ofis Mühendisi/ 2016-2017

Yayın Listesi:

Zafer E.H., Kızmaz, B., Bettemir, Ö. H. (2016). " İkiz Kule ve Tek Kule Biçiminde Bina Yapımının Toplama Fayda Analizi", 4. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, Eskişehir, 314-324.