

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**SU KORUNUMU AÇISINDAN YERLEŞME TASARIMINDA YÜZEYSEL AKIŞ
MİKTARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Halime Firdevs TAŞKIN

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Haziran, 2022

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**SU KORUNUMU AÇISINDAN YERLEŞME TASARIMINDA YÜZEYSEL AKIŞ
MİKTARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Halime Firdevs TAŞKIN
(502181528)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gülten MANİOĞLU

Haziran, 2022

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 502181528 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Halime Firdevs TAŞKIN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “SU KORUNUMU AÇISINDAN YERLEŞME TASARIMINDA YÜZEYSEL AKIŞ MİKTARININ DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Gülten MANİOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Nuri SERTESER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Neşe GANIÇ SAĞLAM
Özyeğin Üniversitesi

Teslim Tarihi : 23 Mayıs 2022
Savunma Tarihi : 16 Haziran 2022





Aileme ve Sevdiklerime,



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince değerli bilgi ve tecrübesi ile bana yol gösteren, kendisine ne zaman danışsam kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve ilgiyle destek olan çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Gülten Manioğlu'na teşekkürü bir borç bilirim.

Eğitim hayatım boyunca üzerimde emeği olan hocalarıma, beni hiçbir zaman yalnız bırakmayarak varlıklarıyla güç veren çok sevgili arkadaşlarıma ve desteklerini esirgemeyen kıymetli çalışma arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Ve son olarak, en büyük şansım olan biricik aileme; hayatım boyunca her zaman destekleriyle yanımda olan, her anımda beni cesaretlendiren ve moral veren çok sevgili annem Zeynep Taşkın, babam Ahmet Taşkın ve abim Ömer Taşkın'a bugünlere gelmemi sağladıkları için sonsuz şükranlarımı sunarım.

Mayıs 2022

Halime Firdevs TAŞKIN
(Mimar)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. SUYUN ÖNEMİ.....	5
2.1 Su Döngüsü	5
2.2 İklim Değişikliği ve Küresel Isınmanın Su Üzerindeki Etkisi.....	6
2.3 Bilinçsiz ve Hızlı Kentleşmenin Su Üzerindeki Etkisi	9
2.4 Türkiye’de Yerleşme Ölçeğinde Suyun Önemi	11
3. YERLEŞME ÖLÇEĞİNDE YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ VE SU KORUNUMU	13
3.1 Konvansiyonel Yağmur Suyu Yönetimi	14
3.1.1 Birleşik kanalizasyon sistemleri.....	14
3.1.2 Ayırık kanalizasyon sistemleri	15
3.2 Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi	17
3.2.1 Yüzeysel akış miktarını azaltmaya yönelik yaklaşımlar	18
3.2.1.1 Yağmur suyu hasadı.....	18
3.2.1.2 Bekletme ve infiltrasyon haznesi (geocellular sistem).....	20
3.2.1.3 Geçirimli yüzey	21
3.2.1.4 Yağmur hendeği	22
3.2.1.5 Yağmur bahçesi.....	23
3.2.1.6 Su arkı	25
3.2.1.7 Yeşil çatı.....	26
3.2.1.8 Düşey yeşil sistem.....	28
3.2.2 Yüzeysel akışta meydana gelen kirliliği azaltmaya yönelik yaklaşımlar..	29
3.2.2.1 Biyolojik tutma alanı.....	30
3.2.2.2 Biyolojik gölet.....	31
3.2.2.3 İnfiltrasyon hendeği	32
4. YÜZEYSEL AKIŞ MİKTARININ BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER VE HESAP BİLEŞENLERİ	33
4.1 SCS Eğri Numarası Yöntemi (SCS-CN).....	33
4.1.1 Yağış yüksekliği (P).....	35
4.1.2 Eğri numarası (CN).....	36
4.2 Rasyonel Yöntem	39
4.2.1 Yağış şiddeti (i).....	39
4.2.1.1 Yağış şiddet – süre – tekerrür ilişkisi.....	40
4.2.2 Yüzeysel Akış Katsayısı	43

4.2.3 Havza Alanı.....	46
5. SU KORUNUMU AÇISINDAN YERLEŞME TASARIMINDA YÜZEYSEL AKIŞ MİKTARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	47
5.1 Yerleşmeye İlişkin Yapma Çevre Değişkenlerini Belirlenmesi.....	49
5.1.1 Yerleşme yerinin ve topoğrafik özelliklerinin belirlenmesi.....	49
5.1.2 Yerleşmenin boyutlarına ilişkin değişkenlerin belirlenmesi.....	49
5.1.2.1 Bina formu ve boyutlarının belirlenmesi	50
5.1.2.2 Bina gruplarına ilişkin boyutların belirlenmesi.....	50
5.1.3 Arazi kullanım oranları farklı olan yerleşme kurgularının oluşturulması.	53
5.2 Hesaplamaya İlişkin Değişkenlerin Belirlenmesi	57
5.2.1 Hesaplama yönteminin belirlenmesi	57
5.2.2 Dış ortama ait iklim verilerinin belirlenmesi	57
5.2.3 Yerleşmedeki farklı yüzeyler için yüzeysel akış katsayılarının belirlenmesi	60
5.3 Oluşturulan Yerleşme Kurguları İçin Yüzeysel Akış Miktarının Hesaplanarak Sonuçların Değerlendirilmesi.....	61
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	107
KAYNAKLAR.....	111
EKLER.....	121
ÖZGEÇMİŞ	127

KISALTMALAR

AMC	: Antecedent Moisture Condition
CN	: Curve Number
Car.K	: Çarpıklık Katsayısı
CSB	: Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
CSUD	: Climate Sensitive Urban Design
EEA	: The European Environment Agency
EN	: European Standards
EPA	: The Environmental Protection Agency
FISRWG	: Federal Interagency Stream Restoration Working Group
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
LID	: Low Impact Development
LP3	: Log-Pearson Type 3
NOAA	: The National Oceanic and Atmospheric Administration
NOAA-NCEI	: NOAA's National Centers for Environmental Information
SCS	: Soil Conservation Service
SUDS	: Sustainable Urban Drainage Systems
Std.S	: Standart Sapma
TOBB	: Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı
TS	: Türk Standardı
TUIK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UDF	: Uygun Dağılım Fonksiyonu
UNEP	: The United Nations Environment Programme
USDA	: United States Department of Agriculture
WMO	: The World Meteorological Organization
WSUD	: Water Sensitive Urban Design
Y-EB	: Yağış - En Büyük
Y-ORT	: Yağış - Ortalama



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Birleşik ve ayırık kanalizasyon sistemlerinin karşılaştırılması (Topal ve Arslan Topal, 2012).	16
Çizelge 4.1 : Hidrolojik toprak grupları ve özellikleri, Seybert, (2006)'dan uyarlanmıştır (USDA-SCS, 1986).	36
Çizelge 4.2 : Bazı tarım, yarı kentleşmiş veya kentleşmiş arazi kullanımına sahip alanların eğri numaraları, Usul (2008)'den uyarlanmıştır (USDA-SCS, 1972).	37
Çizelge 4.3 : SCS Eğri Numarası yöntemi için topraktaki nem durumunun belirlenmesi, Usul (2008)'den uyarlanmıştır (McCuen, 1998).....	38
Çizelge 4.4 : Yağmur suyu kanalına giriş için İSKİ proje standartları (Demir, 2012).	42
Çizelge 4.5 : Yerleşim merkezine göre hesaplamalarda kullanılması tavsiye edilen tekerrür sayıları (Sümer, 1992).	42
Çizelge 4.6 : Arazinin büyüklüğüne göre hesaplamalarda kullanılması tavsiye edilen tekerrür aralığı (Efe, 2006).	43
Çizelge 4.7 : Çeşitli yüzey örtü malzemeleri için yüzeysel akış katsayısı (Kuichling, 1889).	43
Çizelge 4.8 : Çeşitli alanlar için yüzeysel akış katsayısı (Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik, 2017).	44
Çizelge 4.9 : Hidrolojik toprak grubu, yüzey eğimi ve tekerrür aralığına bağlı olarak verilen yüzey akış katsayıları, Seybert, (2006)'dan uyarlanmıştır (Rawls ve diğ. (1981).	45
Çizelge 5.1 : Yol kenarı parkında park etme açısına göre en az birim park alanı boyutları ve 100m birim uzunluktaki park adedi (TS 10551, 1992). ...	51
Çizelge 5.2 : Uygulama imar planında, aksine bir hüküm bulunmadığı durumlarda her bir bina için olması gereken bahçe mesafeleri (IBB, 2018).	52
Çizelge 5.3 : Kurgulanacak yerleşmeye ilişkin kabul edilen boyutlar.	53
Çizelge 5.4 : Sarıyer Meteoroloji İstasyonu'nda standart zamanlarda gözlenen en büyük yağış değerleri (mm).	59
Çizelge 5.5 : Çatı örtüleri için TS EN 16491-1 Yerinde İçilebilir Olmayan Su Sistemleri - Bölüm 1: Yağmur Suyu Kullanımı İçin Sistemler Standardında verilen yüzey verim katsayıları (TS EN 16491-1, 2018).	60
Çizelge 5.6 : 12A 4 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.....	62
Çizelge 5.7 : 12A 4 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları. ...	65
Çizelge 5.8 : 12A 3 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.....	66

Çizelge 5.9 :	12A 3 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları. ..	69
Çizelge 5.10 :	12A 2 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.....	70
Çizelge 5.11 :	12A 2 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları. ..	73
Çizelge 5.12 :	8A 4 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.....	74
Çizelge 5.13 :	8A 4 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları. ..	77
Çizelge 5.14 :	8A 3 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.....	78
Çizelge 5.15 :	8A 3 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları. ..	81
Çizelge 5.16 :	8A 2 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.....	82
Çizelge 5.17 :	8A 2 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları. ..	85
Çizelge 5.18 :	6A 4 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.....	86
Çizelge 5.19 :	6A 4 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları. ..	89
Çizelge 5.20 :	6A 3 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.....	90
Çizelge 5.21 :	6A 3 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları. ..	93
Çizelge 5.22 :	6A 2 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.....	94
Çizelge 5.23 :	6A 2 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları. ..	97
Çizelge 5.24 :	Kurgulanan yerleşmelerde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonuna göre yüzeysel akış miktarının azalma oranı ve bu kombinasyonlardaki en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip yüzeyin yerleşme içindeki oranı arasındaki ilişki.....	99
Çizelge 5.25 :	Kurgulanan yerleşmelerde; en yüksek ve en düşük miktarda oluşan yüzeysel akış miktarlarının arazi kullanım oranları ile ilişkisi ve en fazla yüzeysel akışın olduğu ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonuna göre en az yüzeysel akışın olduğu ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda yüzeysel akışın azalma oranı.....	102
Çizelge 5.26 :	Kurgulanan yerleşmelerde farklı malzeme kombinasyonları ile oluşan yüzeysel akış miktarlarının dağılım grafiği.	105
Çizelge 5.27 :	Kurgulanan yerleşmelerde yüzeysel akış miktarına bağlı olarak seçilebilecek alternatif malzeme kombinasyonları ve dağılımı.	106

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Dünya üzerindeki su kaynaklarının dağılımı, Shiklomanov (1993)'ten uyarlanmıştır.....	1
Şekil 2.1 : Su Döngüsü, Cain (t.y.)'den uyarlanmıştır.	6
Şekil 2.2 : Amerika'da 48 eyalet genelinde gerçekleşen günlük şiddetli yağış olayları, 1910-2020, EPA (2021)'den uyarlanmıştır.....	7
Şekil 2.3 : 1955 ve 2015 yılları arasında, farklı derinliklere göre okyanuslarda depolanan ısı miktarı, EEA (2017)'den uyarlanmıştır (NOAA's National Centers for Environmental Information).	8
Şekil 2.4 : Geçirimsiz yüzeyler ile yüzeysel akış arasındaki ilişki, FISRWG, (1998)'den uyarlanmıştır.	10
Şekil 2.5 : Yüzeysel akış nedeniyle meydana gelebilecek sorunlar (Osorio, 2020; South River Federation, 2015).	11
Şekil 3.1 : Birleşik kanalizasyon sistemlerin çalışma prensibi, EPA (2004)'ten uyarlanmıştır.....	15
Şekil 3.2 : Ayrık kanalizasyon sistemlerin çalışma prensibi, EPA (2004)'ten uyarlanmıştır.....	15
Şekil 3.3 : Geçirimsiz 'sert' yüzeylerin yoğunlukta olduğu kentsel alanlar ile sürdürülebilir yağmur suyu yönetim yaklaşımlarının uygulandığı kentsel alanların yüzeysel akış açısından karşılaştırılması, Hawkey & Integration and Application Network (2013)'ten uyar 17	17
Şekil 3.4 : Sürdürülebilir yağmur suyu yönetiminde uygulanabilecek bazı yaklaşımlar, Fumero (2020)'den uyarlanmıştır.....	18
Şekil 3.5 : Yağmur suyu hasadı sistemlerinin çalışma prensibi.	19
Şekil 3.6 : Bekletme ve infiltrasyon haznesi sistemlerinin yer altındaki görünüşü, (Url-a).....	20
Şekil 3.7 : Bekletme ve infiltrasyon haznesi sistemleri için örnek uygulama, (url-b).	21
Şekil 3.8 : Tipik geçirimli yüzey detayı (alt) ve uygulama örnekleri (üst), Hoban (2019)'dan uyarlanmıştır.	21
Şekil 3.9 : Drenaj sistemi uygulanan geçirimli yüzey, Susdrain (t.y.)'den uyarlanmıştır.....	22
Şekil 3.10 : Otopark alanı için tasarlanabilecek tipik bir yağmur hendeğinin detay kesiti (sol) ve uygulama örneği (sağ), SusDrain (t.y.) ve Hill (2015)'ten uyarlanmıştır.....	23
Şekil 3.11 : Konut peyzajı ve yürüyüş alanları için tasarlanabilecek tipik bir yağmur bahçesinin detay kesiti (sol) ve uygulama örneği (sağ), SusDrain (t.y.)'den uyarlanmıştır.....	24
Şekil 3.12 : Üst görünüşü verilen yağmur bahçesinin nem düzeylerine göre bölgeleri, Hinman (2013)'ten uyarlanmıştır.	24
Şekil 3.13 : Tipik bir su arkının detay kesiti (sol) ve uygulama örnekleri (sağ), SusDrain (t.y.) & Riye (t.y.) ve Binet, (2015)'ten uyarlanmıştır.	25

Şekil 3.14 : Yeşil çatı örneği, Ewha Womans University (Morin, 2012).	26
Şekil 3.15 : Yeşil çatı, geleneksel çatı ve yağmur suyu hasadı yapılan çatının karşılaştırılması, Fraga ve diğ. (2022)'den uyarlanmıştır.	27
Şekil 3.16 : Ekstensif ve intensif yeşil çatı detay kesiti, Elkink (2017)'den uyarlanmıştır.	28
Şekil 3.17 : Yer çekimi ve rüzgârın yağış yönü üzerindeki etkisi.	28
Şekil 3.18 : Düşey yeşil sistem tiplerine ilişkin şematik detay kesitleri, Pochodyla ve diğ. (2021) ve Palermo & Turco (2020)'den uyarlanmıştır.	29
Şekil 3.19 : Tipik bir biyolojik tutma alanının detay kesiti (üst) ve uygulama örneği (alt), SusDrain (t.y.)'den uyarlanmıştır.	30
Şekil 3.20 : Tipik bir biyolojik göletin detay kesiti (üst) ve uygulama örneği (alt), SusDrain (t.y.) ve Balciunas (2021)'den uyarlanmıştır.	31
Şekil 3.21 : Tipik bir infiltrasyon hendeğinin detay kesiti (sol) ve uygulama örneği (sağ), InfoDrainage. (2021) ve Hawkey, J. & Integration and Application Network (2013)'den uyarlanmıştır.	32
Şekil 4.1 : Süzülme, tutulma ve yüzeysel akışa geçen yağış fazlası arasındaki ilişkisi (Chow ve diğ.,1988; Apaydın, 2004).	34
Şekil 4.2 : Denklem 4.2 ve denklem 4.3'ün grafik hale getirilerek yüzeysel akış miktarının belirlenmesi (Chin, 2018).	35
Şekil 4.3 : Yağış ölçüm hatasının istasyon sayısı ile değişimi, Usul (2008)'den uyarlanmıştır.	35
Şekil 4.4 : Yağış şiddetinin birim zamanda değişimini gösteren hiyetograf grafik...	40
Şekil 4.5 : Yağış şiddetinin, yağış süresi ve tekerrür aralığına göre nasıl değiştiğini gösteren grafik örneği.	41
Şekil 4.6 : Farklı yağış süreleri için maksimum yüzeysel akış miktarları (Usul, 2008).	41
Şekil 5.1 : Çalışmaya ilişkin yöntemin adımları.	48
Şekil 5.2 : Şehir bölge içi yolu için örnek enkesit tipi ve boyutları (m) (TS 7249, 2013).	51
Şekil 5.3 : 30°'lik park etme açısına göre en az birim park alanı boyutları (TS 10551, 1992).	51
Şekil 5.4 : Kurgulanacak yerleşmeye ilişkin kabul edilen boyutlar.	52
Şekil 5.5 : Her birinde 384 adet konut birimi bulunan ve farklı arazi kullanım oranlarına sahip yerleşme kurguları ve isimleri (Yerleşmelerin üzerinde yazan birim sayıları zemindeki bina oturma alanını ifade etmektedir)..	54
Şekil 5.6 : Kurgulanan yerleşmelerde; çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alan açısından oluşan farklı arazi kullanım oranları.	55
Şekil 5.7 : Sarıyer Meteoroloji İstasyonu yağış şiddet-süre-tekerrür eğrileri.	58
Şekil 5.8 : Kurgulanacak yerleşmelerdeki çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alan için alana uygun malzeme alternatiflerine göre belirlenen yüzeysel akış katsayıları ve kodları (değerler 1'e yaklaştıkça malzemenin geçirgenliği azalmaktadır).	61
Şekil 5.9 : 12A 4 yerleşmesinin üstten görünüşü.	62
Şekil 5.10 : 12A 4 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.	63
Şekil 5.11 : 12A 4 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeysel akış miktarları.	64
Şekil 5.12 : 12A 3 yerleşmesinin üstten görünüşü.	66

Şekil 5.13 : 12A 3 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.....	67
Şekil 5.14 : 12A 3 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeysel akış miktarları.....	68
Şekil 5.15 : 12A 2 yerleşmesinin üstten görünüşü.	70
Şekil 5.16 : 12A 2 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.....	71
Şekil 5.17 : 12A 2 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeysel akış miktarları.....	72
Şekil 5.18 : 8A 4 yerleşmesinin üstten görünüşü.	74
Şekil 5.19 : 8A 4 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.....	75
Şekil 5.20 : 8A 4 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeysel akış miktarları.....	76
Şekil 5.21 : 8A 3 yerleşmesinin üstten görünüşü.	78
Şekil 5.22 : 8A 3 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.....	79
Şekil 5.23 : 8A 3 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeysel akış miktarları.....	80
Şekil 5.24 : 8A 2 yerleşmesinin üstten görünüşü.	82
Şekil 5.25 : 8A 2 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.....	83
Şekil 5.26 : 8A 2 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeysel akış miktarları.....	84
Şekil 5.27 : 6A 4 yerleşmesinin üstten görünüşü.	86
Şekil 5.28 : 6A 4 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.....	87
Şekil 5.29 : 6A 4 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeysel akış miktarları.....	88
Şekil 5.30 : 6A 3 yerleşmesinin üstten görünüşü.	90
Şekil 5.31 : 6A 3 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.....	91
Şekil 5.32 : 6A 3 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeysel akış miktarları.....	92
Şekil 5.33 : 6A 2 yerleşmesinin üstten görünüşü.	94

- Şekil 5.34 :** 6A 2 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.....95
- Şekil 5.35 :** 6A 2 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeysel akış miktarları.....96



SU KORUNUMU AÇISINDAN YERLEŞME TASARIMINDA YÜZEYSEL AKIŞ MİKTARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Su, canlıların hayatını sürdürmesi için gerekli olan ve hayati önem taşıyan bir kaynaktır. Yeryüzündeki su kaynakları, döngüsü sayesinde sabit miktarda kalan yenilenebilir kaynaklar olarak görünse de, iklim değişikliği, küresel ısınma, hızlı kentleşme, bilinçsiz tüketim gibi sebeplerle içilebilir su miktarı gün geçtikçe azalmaktadır. Hava sıcaklığının, iklim değişikliği ve küresel ısınma ile su kaynaklarının hızlı biçimde buharlaşmasına sebep olurken, bilinçsiz ve hızlı kentleşme ile yeşil alanların yok edilip geçirimsiz yüzeylerin artması da yerleşme ölçeğinde çeşitli su sorunları yaşanmasına sebep olmaktadır. Geçirimsiz yüzeyler sebebiyle yer altına süzülmeden kanalizasyon sistemleri ile uzaklaştırılan yağmur suyu, yer altı su kaynaklarının yeterince beslenememesine ve dolayısıyla su kıtlığı, kuraklık gibi sorunlara sebep olmaktadır. Özellikle şiddetli yağışların ardından yer altına süzülmeden akışa geçen yağmur suyu, kentsel alanlarda sel, taşkın, erozyon gibi felaketlerle sonuçlanmaktadır. Ayrıca, buharlaşarak temizlenmiş bir şekilde yeryüzüne geri dönen yağmur suyu, yüzeysel akışa geçtiği için tekrar kirlenmekte ve temiz olan diğer yer yüzü su kaynaklarının da kirlenmesine yol açmaktadır. Bu nedenle, olası risk ve felaketlerin azaltılabilmesi açısından mevcut su kaynaklarının korunduğu, su temini ve su döngüsüne katkı sağlayan, bilinçli su tüketiminin ve suyun yeniden kullanımının mümkün olduğu, yerleşme ölçeğinde su korunumu sağlayan yaklaşım ve stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında, yerleşme tasarımının bir sonucu olan arazi kullanım oranı ve yüzey örtü malzemelerinin yüzeysel akış miktarını nasıl ve ne derecede etkilediği incelenmiştir. Arazi kullanım oranları farklı olacak şekilde tasarlanan 9 farklı yerleşme ve bu yerleşmelerde yüzey örtü malzemesi olarak kullanılabilecek 336 farklı malzeme kombinasyonu ile her senaryoda oluşabilecek yüzeysel akış miktarı Rasyonel Yöntem kullanılarak hesaplanmıştır. Yerleşmelerde su korunumu sağlama hedefine yönelik yapılan bu tez çalışması, altı ana bölümden oluşmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde; artan su talebine karşın su kaynaklarının giderek azalmasına dikkat çekilmiş, yerleşme tasarımının su korunumu üzerindeki önemi vurgulanarak çalışmanın amacı özetlenmiştir.

İkinci bölümde; suyun önemi ve neden korunması gerektiği detaylı olarak açıklanmıştır. Dünya üzerinde su döngüsü sayesinde temiz ve sabit kalan suyun, iklim değişikliği ve küresel ısınma sebebiyle karşı karşıya olduğu tehlikeler vurgulanmıştır. İklimsel faktörlerin yanı sıra, bilinçsiz ve hızlı kentleşmenin su üzerindeki olumsuz etkilerine değinilerek yüzeysel akışın kentsel alanlarda bıraktığı tahribatlardan bahsedilmiştir. Sonrasında ise suyun yerleşme içindeki önemine dikkat çekebilmek için Türkiye’de hazırlanan sertifikasyon çalışmaları hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde; yerleşmelerde su korunumu açısından meydana gelebilecek olumsuz etkilerin azaltılabilmesi ve gerekli önlemlerin alınabilmesi için geliştirilen

çeşitli yağmur suyu yönetim modellerinden bahsedilmiştir. Ayrıca kentsel alanlarda yüzeysel akışın sebep olduğu olumsuz etkileri azaltmak için uygulanan konvansiyonel ve sürdürülebilir yağmur suyu yönetim yaklaşımları kapsamlı bir biçimde ele alınmıştır.

Dördüncü bölümde; yüzeysel akış miktarının belirlenmesinde kullanılan çeşitli yöntemler ve bu yöntemlere ait hesap bileşenleri detaylı olarak açıklanmıştır.

Beşinci bölümde; yerleşme tasarımının yüzeysel akış miktarına etkisini belirleyebilmek için öncelikle, kentleşme oranı yüksek İstanbul ilinde nüfus yoğunluğunun aynı olduğu farklı arazi kullanım oranlarına sahip yerleşmeler kurgulanmıştır. Yüzeysel akış miktarları değerlendirilecek bu yerleşmelerde çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alan olmak üzere çeşitli alanların bulunduğu varsayılmıştır. Böylece; yerleşmedeki arazi kullanım alanlarına ve bu alanların oranlarına bağlı olarak her yerleşmede oluşabilecek yüzeysel akış miktarı ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Arazi kullanım oranlarının yanı sıra, söz konusu alanlar için farklı malzeme alternatifleri dikkate alınarak çeşitli malzeme kombinasyonları oluşturulmuştur. Böylece kurgulanan yerleşmelerde çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alan için tanımlanabilecek farklı yüzey örtü malzemelerinin de yüzeysel akış miktarına etkisi incelenmiştir.

Arazi kullanım oranları ve yüzey örtü malzemeleri farklılık gösteren yerleşmelerde yüzeysel akışın hesaplanabilmesi için Rasyonel Yöntem kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, kurgulanan yerleşmeler hem kendi içinde hem de kendi aralarında karşılaştırılarak en iyi ve en kötü senaryolar belirlenmiştir.

Altıncı bölümde; tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar derlenmiştir. Sonuç olarak, yüzeysel akış miktarının, yerleşme tasarımına bağlı olarak farklılaşan arazi kullanım oranı ve yüzey örtü malzemelerine göre önemli ölçüde değişkenlik gösterdiği görülmüştür.

Yapılan tez çalışmasının, elde edilen hesaplama sonuçları ile birlikte, yeni tasarlanacak yerleşmelerin yanı sıra mevcut yerleşmelerde de su korunumu açısından optimum fayda sağlayan kararların alınması noktasında yararlanılabilecek bir kaynak olması hedeflenmiştir.

EVALUATION OF THE EFFECTS OF SETTLEMENT DESIGN ON STORMWATER RUNOFF IN TERMS OF WATER CONSERVATION

SUMMARY

Water is a vital resource that is necessary for all living creatures on earth. Although the volume of water resources in the world is constant by the water cycle, potable water resources are decreasing day by day due to climate change, global warming, rapid urbanization and so on. While the increase in air temperatures cause rapid evaporation of water resources because of the climate change and global warming; the rapid urbanization and the increase of impervious surfaces cause various water problems at the settlement scale also. Begin with, stormwater runoff is generated from rain that flows over impervious surfaces, such as paved streets, parking lots, and building rooftops, and does not soak into the ground. The rain water that cannot infiltrate to the ground is removed by sewer systems and ground water resources could not recharge adequately. Thus, some problems such as water scarcity and drought can occur due to impervious surfaces. Particularly after heavy rains, stormwater runoff results in disasters such as floods, overflows and erosion in urban areas. In addition, the rain water that returns to the earth in a cleaned form by evaporation is polluted again because of the surface flow and causes the pollution of other clean water resources. In order to reduce possible risks and disasters, some approaches and strategies that provide water conservation at the settlement scale are needed to protect existing water resources, contribute to water supply and water cycle, enable conscious water consumption and reuse when necessary.

Specifically, this study sought to answer the following key questions in order to reduce the negative effects of stormwater runoff even in the densest urban environments, and to ensure water conservation at the settlement scale.

- to what extent are the land use ratios such as roofs, pavements, parking lots, paved streets and green areas varying depending on settlement design effective on the stormwater runoff?
- to what extent are the surface cover materials used in roofs, pavements, parking lots, paved streets and green areas varying depending on settlement design effective on the stormwater runoff?

For this purpose, 9 different settlements with different land use ratios were designed for the province of Istanbul. Afterwards, 336 different material combinations that can be used as surface cover material were created. The volume of stormwater runoff due to different material combinations was calculated by the Rational Method and this calculation was repeated for each settlement designed.

According to the results obtained from this study, it is aimed to

- raise and increase awareness about water sensitive urban designs,

- determine the importance of land use ratios and surface cover materials on stormwater runoff generation,
- draw attention to what decisions can be taken in order to reduce the volume of stormwater runoff and to ensure water conservation at the settlement scale,
- guide designers about water conservation strategies.

The study consists of six main sections.

In the first chapter of the study; attention was drawn to the gradual decrease of water resources despite the increasing water demand. Because, increasing water demand due to population growth and expansion of urban areas has started to cause water stress and even water scarcity in many regions. Also, the aim of the study is summarized by emphasizing the importance of the settlement design on water conservation.

In the second chapter; the importance of water is explained. Water is a vital resource that is necessary for all living creatures. Therefore, the fact that water resources are in danger of extinction have made water a more important resource that needs to be protected. The threats posed by climate change and global warming on clean and potable water resources in the world are emphasized. In addition to climatic factors, the negative effects of unconscious and rapid urbanization on water, moreover, the damage caused by stormwater runoff in urban areas were highlighted in second chapter. The fact that there are many negative effects on water in both environmental and economic terms also reveals how important it is to protect existing water resources, conscious consumption and reuse when necessary. In line with this purpose, in Turkey the certification studies are also prepared in order to draw attention to the importance of water in the settlements and this studies are explained in detail in the second chapter.

In the third chapter; several design approaches and strategies about stormwater management are introduced. In order to reduce the negative effects that may occur in the settlements in terms of water conservation and to take the necessary precautions, sustainable stormwater management approaches have been developed such as Water Sensitive Urban Design, Sustainable Urban Drainage Systems, Low Impact Development and Sponge City. It is aimed to include water conservation in urban design processes and to give the due consideration to the subject by these approaches (Wong, 2006). In other words; it is aimed to ensure environmental control in urban design, contribute to the water cycle and water supply by integrating with groundwater, wastewater and stormwater management. In this section, conventional stormwater management systems, which are frequently applied in urban areas, and sustainable stormwater management strategies, which reduce the negative effects caused by stormwater runoff are also explained in detail.

In the fourth chapter; SCS Curve Number Method and Rational Method used in determining the volume of stormwater runoff and the calculation principles of these methods are explained in detail. The SCS Curve Number Method, developed by the US Soil Conservation Service, is one of the methods in rainfall-runoff modeling. With this method, the groundwater recharge can be estimated as well as the volume of stormwater runoff that passes into the surface flow can be calculated. The Rational Method, developed by Emil Kuichling in 1889 depending on the rainfall intensity, is a method frequently used in the estimation of the peak runoff flow. This method usually gives accurate results for areas smaller than 25 km², as it is assumed that the rain is homogeneously distributed over the entire land. The important thing when

determining the calculation method is that the method should be suitable for both the settlement characteristics and the purpose of the study.

The fifth chapter of the study, includes the method of the study. In order to determine the effect of the settlement design on the stormwater runoff generation, firstly, settlements with the same population density and different land use ratios in the province of Istanbul were designed. It was assumed that there are various areas such as roof, pavement, parking lot, paved street and green area in these settlements. Thus, stormwater runoff calculations was able to made for different settlements with different land ratios. In addition to the land use ratios, various material combinations that can be used as surface cover material were created considering different material alternatives for the mentioned areas. In this way, the effect of different surface cover materials that can be defined for the roof, pavement, parking lot, paved street and green area on stormwater runoff was able to investigated. The Rational Method was used to calculate stormwater runoff in settlements with different land use ratios and surface cover materials. In the direction of the results obtained, the best and worst scenarios were determined by comparing the settlements both within and among themselves.

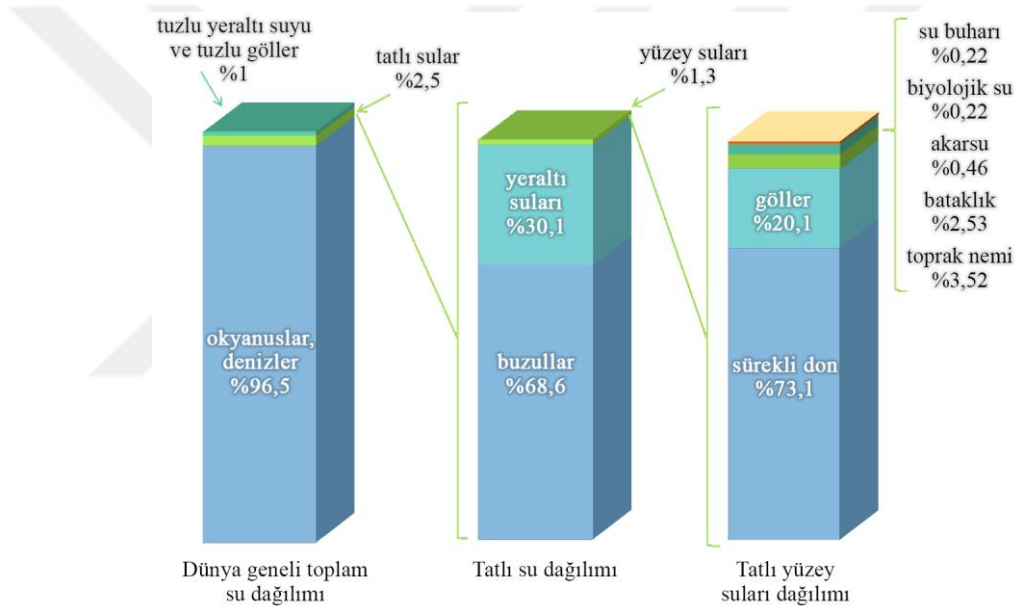
In the sixth chapter of the study; the results of the study were compiled. As a result, it has been observed that the volume of stormwater runoff varies considerably depending on the land use ratios and surface cover materials that differ depending on the settlement design.

Even if it is not possible to eliminate negative impacts of stormwater runoff completely, it is seen that each improvement to reduce the volume of stormwater runoff will provide positive changes in settlements. Since the improvements to be made in the existing settlements will be more costly, it is very important that the decisions to reduce stormwater runoff in the settlements should be taken at the preliminary design phase. In existing settlements where it is not possible to make changes in terms of surface cover material and land use, various sustainable stormwater management strategies can be applied to reduce the amount of stormwater runoff. It is aimed that this thesis study, with the results obtained, can guide for designers on taking decisions that provide optimum benefit in terms of water conservation in both existing and new settlements.



1. GİRİŞ

Su, tüm canlılar için hayati önem taşıyan vazgeçilemez temel bir kaynaktır. Dünya'nın yaklaşık 4'te 3'ü sularla kaplı olmasına rağmen, su kaynaklarının yalnızca %2,5'lik bir kısmı tatlı sudan oluşmaktadır. Tatlı suların yaklaşık %68,6'sı kutuplarda buzul olarak, %30,1'i yeraltı suları olarak bulunmakta olup, ancak %1,3'lük bir kısmı yüzey suyudur. Ayrıca yüzey sularının da önemli bir miktarı sürekli don olarak bulunmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 : Dünya üzerindeki su kaynaklarının dağılımı, Shiklomanov (1993)'ten uyarlanmıştır.

Az miktarda olan içilebilir su kaynakları, iklim değişikliği, çevre kirliliği, hızlı kentleşme ve bilinçsiz tüketim gibi sebeplerle yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmıştır. Su kaynakları hızla tükenirken, nüfus artışı ve buna bağlı olarak kentsel alanların genişlemesi ile artan su talebi, birçok bölgede su stresi oluşturmaya ve hatta su kıtlığına sebep olmaya başlamıştır. Bunun yanı sıra, kentlerin büyümesi, bilinçsiz ve çarpık yapılaşma, kötü yağmur suyu yönetimi gibi sebepler yerleşme ölçeğinde su kayıplarını ve çeşitli su sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Özellikle asfalt, beton gibi su geçirimsiz yüzey örtü malzemelerin kentsel alanlarda bilinçsizce kullanılması ve yeşil alanların giderek azalması ile yağmur suyu yeraltına sızamadan yüzeysel akış

olarak kaybedilmesine yol açmıştır. Böylece yeterince beslenemeyen yer altı su kaynakları giderek azalmış ve içme suyu temini noktasında sıkıntılar oluşmaya başlamıştır. Bunun yanı sıra, geçirimsiz sert yüzeyler nedeniyle şiddetli yağışlarda hızlı bir şekilde akışa geçen yağmur suyu sel, taşkın, erozyon gibi felaketlere de sebep olmaktadır. Olası risk ve felaketlerin azaltılabilmesi açısından mevcut su kaynaklarının korunduğu, su temini ve su döngüsüne katkı sağlayan, bilinçli su tüketiminin ve gerektiğinde yeniden kullanımının mümkün olduğu, yerleşme ölçeğinde su korunumu sağlayan yaklaşım ve stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Hızlı kentleşmenin bir sonucu olarak doğal ve yeşil alanların yok edilip, yerine asfalt beton gibi yüksek miktarda güneş ışınını bünyesinde hapseden yüzey örtü malzemelerinin kullanılması, yüzeysel akış suyu sorunlarına ek olarak, kentlerde ortalama hava sıcaklığı değerlerinin yükselmesine de sebep olmaktadır. Bu durum yerel iklim değişikliği, hava kirliliği, enerji tüketimi, sağlık sorunları vb. olayların kaynağı olan kentsel ısı adası etkisini ortaya çıkarmaktadır (Orhan, 2021). Kentsel alanlarda yeşil alanların artırılması, geçirimli yüzeylerin yaygınlaştırılması, yapay su kütlelerinin oluşturulması gibi su korunumu sağlayan yaklaşımlar; yüzeysel akışın sebep olduğu sel, taşkın gibi felaketlerin şiddetini azaltma, su kalitesini artırma, su döngüsüne katkı sağlamanın yanı sıra, ortalama dış hava sıcaklığını düşürme, insan ısı konforunu iyileştirme gibi faydalar da sağlamaktadır.

Bu çalışmada, yerleşme tasarımına ilişkin farklı değişkenlerin çeşitli su sorunlarına sebep olan ve yağmur suyu yönetimi açısından oldukça önem taşıyan yüzeysel akış miktarına etkisi değerlendirilmiştir. Yerleşme ölçeğinde yüzeysel akışın sebep olduğu olumsuz etkileri azaltabilmek, mevcut yerleşmelerde su korunumunun sağlanacağı etkili değişiklikler yapabilmek ve yeni tasarlanan yerleşmelerin su etkin olmasını sağlayabilmek amacıyla bu değerlendirme çalışmasında aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır.

- Yerleşme tasarımına bağlı olarak değişen çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu ve yeşil alan boyutları ve dolayısıyla değişen arazi kullanım oranları, yüzeysel akış oluşumunda nasıl ve ne derece etkilidir?
- Yerleşme tasarımına bağlı olarak söz konusu alanlarda kullanılan farklı yüzey örtü malzemeleri, yüzeysel akış oluşumunda nasıl ve ne derece etkilidir?

Yukarıdaki sorulara yanıt aranan bu değerlendirme çalışması ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda,

- Su etkin yerleşme tasarımlarına ilişkin bilinç oluşturmak ve bu duyarlılığın artmasına katkıda bulunmak,
- Arazi kullanım oranlarının ve yüzey örtü malzemelerinin yüzeysel akış oluşumundaki önem derecesini belirlemek,
- Yerleşme leğinde yüzeysel akış miktarının azaltılabilmesi ve etkin su korunumu sağlanabilmesi için hangi kararların alınabileceğine dikkat çekmek,
- Su korunumu açısından yerleşme tasarımına ilişkin alınacak kararlarda tasarımcıların yararlanabileceği bir kaynak oluşturmak hedeflenmiştir.



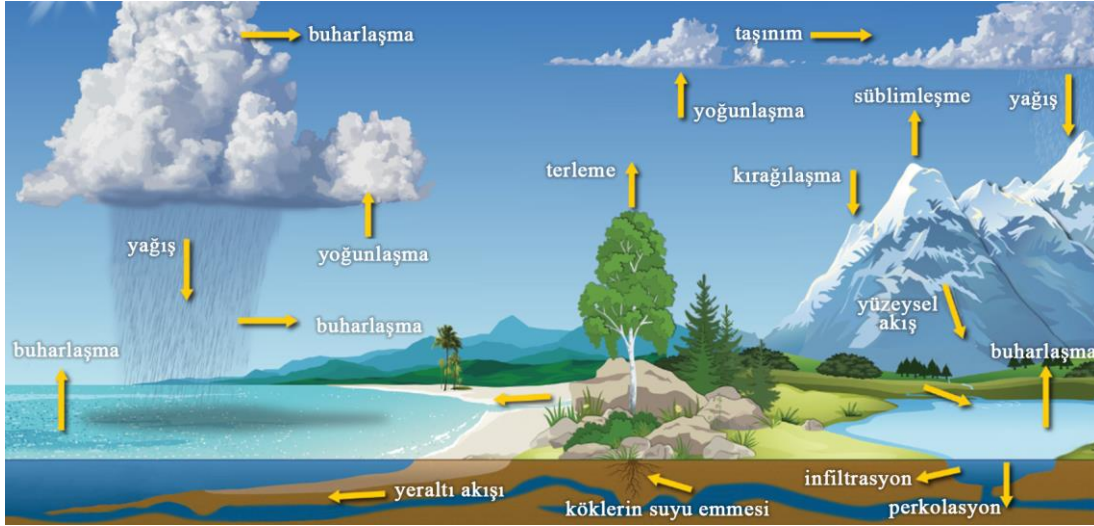


2. SUYUN ÖNEMİ

Hızlı nüfus artışı, artan kentleşme oranı, bilinçsiz kullanım gibi nedenlerle dünya üzerinde su tüketimi ve talebi hızla artmakta iken, iklim değişikliği, çevre kirliliği gibi sebeplerle temiz ve kullanılabilir su kaynakları günden güne azalmaktadır. Bunun yanı sıra su kaynaklarının dünya üzerinde eşit dağılmaması da suya erişim noktasında büyük bir sorun teşkil etmektedir. Su kaynaklarının yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olması ve dünya üzerindeki artan su stresi, suyu daha önemli, korunması gereken bir kaynak haline getirmiştir.

2.1 Su Döngüsü

Temel dinamiğini güneş enerjisinin oluşturduğu, iklim ve ekosistemin ayrılmaz bir bileşeni olan su döngüsü, bir diğer adıyla hidrolojik döngü, suyun dünya üzerindeki ve altındaki yolculuğunu tanımlar (Şahin, 2016). Güneşin etkisi ile okyanuslar başta olmak üzere yeryüzündeki su buharlaşma yoluyla, bitki örtüsünde hapsolmuş su ise terleme yoluyla gaz hale geçerek atmosfere yükselir. Aynı şekilde buzul ve kar kütleleri süblimleşme yoluyla doğrudan gaz hale geçerek atmosferdeki su buharı miktarını arttırabilmektedir. Yükselen su buharı soğuk hava ile karşılaştığında bulutlarda yoğunlaşarak yağış olarak yeryüzüne geri döner. Yerçekimi ile yeryüzüne düşen yağışın bir bölümü toprak ve bitki üzerinden buharlaşıp tekrardan atmosfere karışırken bir bölümü ise yüzeysel akışa geçer. Yüzeysel akışa geçen su; çukur, bataklık göl gibi alanlarda depolanabildiği gibi zemine sızarak yeraltı suyu kaynaklarını da besleyebilmektedir. Doğadaki tüm canlıların yaşamlarını sürdürebilmesi için gerekli olan suyun dünya üzerinde devamlı olarak izlediği bu yol, Şekil 2.1’de görüldüğü üzere; temelde buharlaşma, terleme, yoğunlaşma, yağış, yüzeysel ve yeraltı akışı süreçlerinden oluşsa da son derece karmaşık bir sistemden oluşmaktadır (NOAA, 2019).



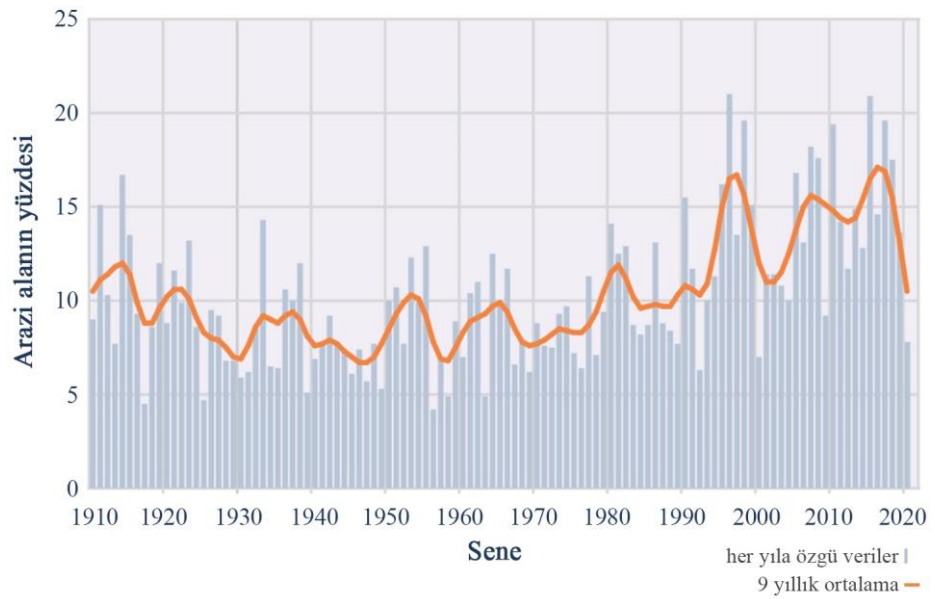
Şekil 2.1 : Su Döngüsü, Cain (t.y.)'den uyarlanmıştır.

Su döngüsü, suyun dünya üzerinde sabit miktarda kalmasını ve sürekli olarak temizlenmesini sağlayan doğal bir süreçtir. Fakat su kaynaklarının kirletilmesi, artan sıcaklıklar ile su kaynaklarının buharlaşması, doğal sondaj görevi görerek toprak altında bulunan suyun yüzeye çıkarılmasını sağlayan ağaçların ve yeşil alanların yok edilmesi gibi sebepler su döngüsünü kesintiye uğrattığından suyun temizlenme süreci de yavaşlamaktadır (Ursavaş, 2020). Bunun yanı sıra geçirimsiz yüzeylerin artması ile yüzeyel akış miktarının artması, böylece toprak altına sızamadan kirlenen yağmur suyunun kanalizasyon sistemleri ile kaybedilmesi de su döngüsünü kesintiye uğratan en önemli sebeplerden biridir.

2.2 İklim Değişikliği ve Küresel Isınmanın Su Üzerindeki Etkisi

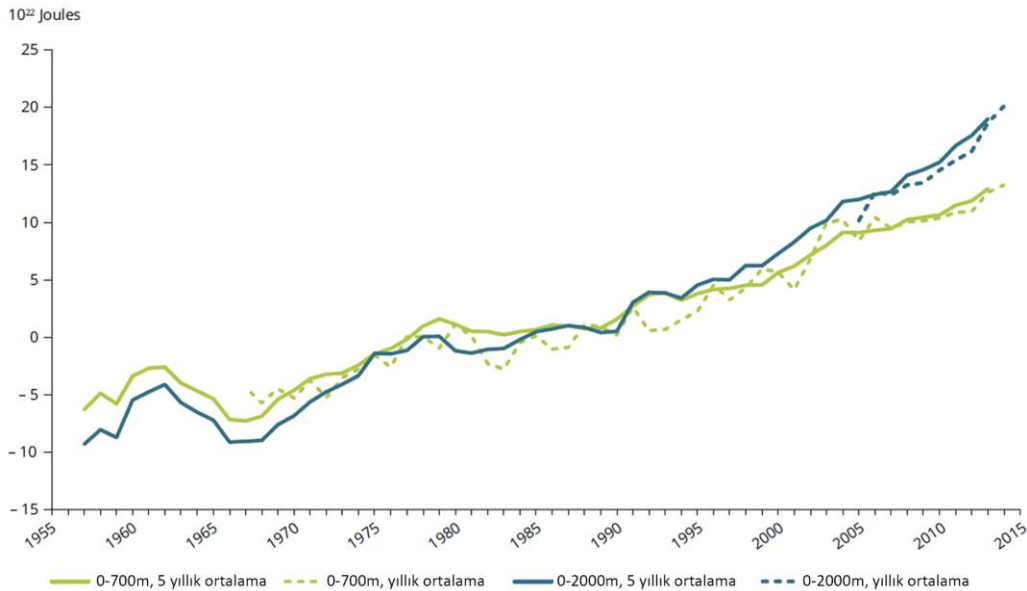
Fosil yakıt tüketiminin artması, şehirleşme oranının yükselmesiyle ormanların giderek küçülmesi, ulaşımın ve endüstriyel faaliyetlerin yoğunlaşması gibi sebepler karbondioksit, metan, ozon gibi ısıyı tutan gazlarının atmosferde artmasına neden olmuştur (Kayıkçıoğlu ve Okur, 2012). Bu gazlar, atmosferde normal seviyede iken Dünya yüzeyindeki ısıнын bir kısmı tutularak ısı kaybının önlenmesini sağlarken, bu gazların atmosfer içerisinde aşırı derecede artması güneş ışınlarının atmosferde daha çok tutulmasına ve daha fazla ısıнын hapsolmesine sebep olarak Dünya'daki ortalama hava sıcaklığını arttırmaktadır. Küresel ısınma olarak tanımlanan bu durum, Dünya üzerindeki sıcaklığın ortalamanın çok üzerine çıkmasına ve dolayısıyla iklim değişikliğine sebep olmaktadır.

İklim değişikliğinin en önemli etkilerinden birisi de su döngüsünün bozulması ve su kalitesinin değişmesidir. Dünya’da suyun varlığının su döngüsü sayesinde sabit kaldığı söylene de, iklim değişikliği nedeniyle su kaynaklarının dünyada bulunduğu yer ve zaman değiştiği için birçok yerde su kaynakları yönetimi gittikçe güçleşmeye başlamıştır (Çapar, 2019). Küresel ısınmanın sebep olduğu sıcaklık artışları ile bazı bölgelerde yaşanan kuraklık sıklığı ve şiddetinin artacağı öngörülmürken, bazı bölgelerde ise artan buharlaşma oranı sebebiyle anlık şiddetli yağış sıklığının artışı ile sel, taşkın gibi felaketlerin artacağı tahmin edilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kurumu (EPA)’nın Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) verileri ile hazırladığı, 1910 ve 2020 yılları arasında, bir günlük şiddetli yağış olaylarının ülke genelinde nasıl arttığını gösteren grafik de bu durumu kanıtlar niteliktedir (Şekil 2.2). Bazı durumlarda ise birbirine aşırı zıt görünen fakat sıcaklık artışlarının bir sonucu olan kuraklık ve sel gibi felaketlerin, aynı bölgede farklı zaman aralığında yaşanacağı beklenmektedir (Biswas ve diğ., 2022). Ayrıca nüfus artışı, bilinçsiz su tüketimi gibi nedenlerle su talebi giderek daha çok artarken, yaşanan sıcaklık artışları ile özellikle içilebilir su kaynaklarında önemli derecede bir azalma yaşanacağı öngörülmektedir (Rafiei-Sardooi ve diğ., 2022). Bunun yanı sıra, buharlaşma oranının artması ve ortalama yağış miktarının azalması, akarsu akış hızlarının azalmasına ve böylece bu kaynaklarda meydana gelen kirliliğin daha zor seyreltilmesine yol açmıştır. Bu durum, su kaynaklarının daha yüksek oranda kirlenmesine sebep olmaktadır (EEA, 2018).



Şekil 2.2 : Amerika’da 48 eyalet genelinde gerçekleşen günlük şiddetli yağış olayları, 1910-2020, EPA (2021)’den uyarlanmıştır.

Karbondioksit ve metan gibi sera gazları tarafından atmosfere hapsolan ısıнын çoğu okyanuslarda depolanarak su sıcaklığını da arttırmaya başlamıştır. Hava ve su sıcaklıklarının aşırı artışı ve akarsu akış hızlarının bu artışa ters orantılı olarak azalmasının sonucunda, su içerisindeki alg gibi bazı organizmaların sebep olduğu tür istilalarının kolaylaşması su kalitesini bozduğu gibi özellikle tatlı su ekosistemlerine de oldukça zarar vermektedir (EEA, 2017). Bunun yanı sıra artan sıcaklıklar, kutuplardaki buzulları eriterek buz ve kar örtülerinin alanını küçültmekte, deniz seviyelerinin yükselmesine neden olmaktadır. Buzul kütlelerindeki bu azalma, buz örtüsüne bağlı olarak yaşamlarını sürdüren canlılar için oldukça büyük bir sorun teşkil ettiği gibi, buzulların erimesiyle meydana gelecek deniz suyu seviyesindeki yükselmelerin taşkınlara, erozyona ve artan sediment taşınımına sebep olacağı öngörülmektedir. Ayrıca, buzulların erimesiyle bu bölgelerdeki sakinlerin ve yapma çevrenin büyük zarar göreceği tahmin edilmektedir (Erdoğan-Sağlam ve diğ., 2008). Binlerce yıldır donmuş topraklar ve buzullar iklim değişikliği sonucunda hızla erimeye başladığı için eski virüs ve bakterilerin yeniden canlanma ihtimalinin de oldukça yüksek olduğu belirtilmektedir (Fox-Skelly, 2017). NOAA-NCEI (NOAA's National Centers for Environmental Information) verilerinden derlenen, 1955 ve 2015 yılları arasında okyanuslarda depolanan ısı miktarının çarpıcı değişimi Şekil 2.3'te görülmektedir.



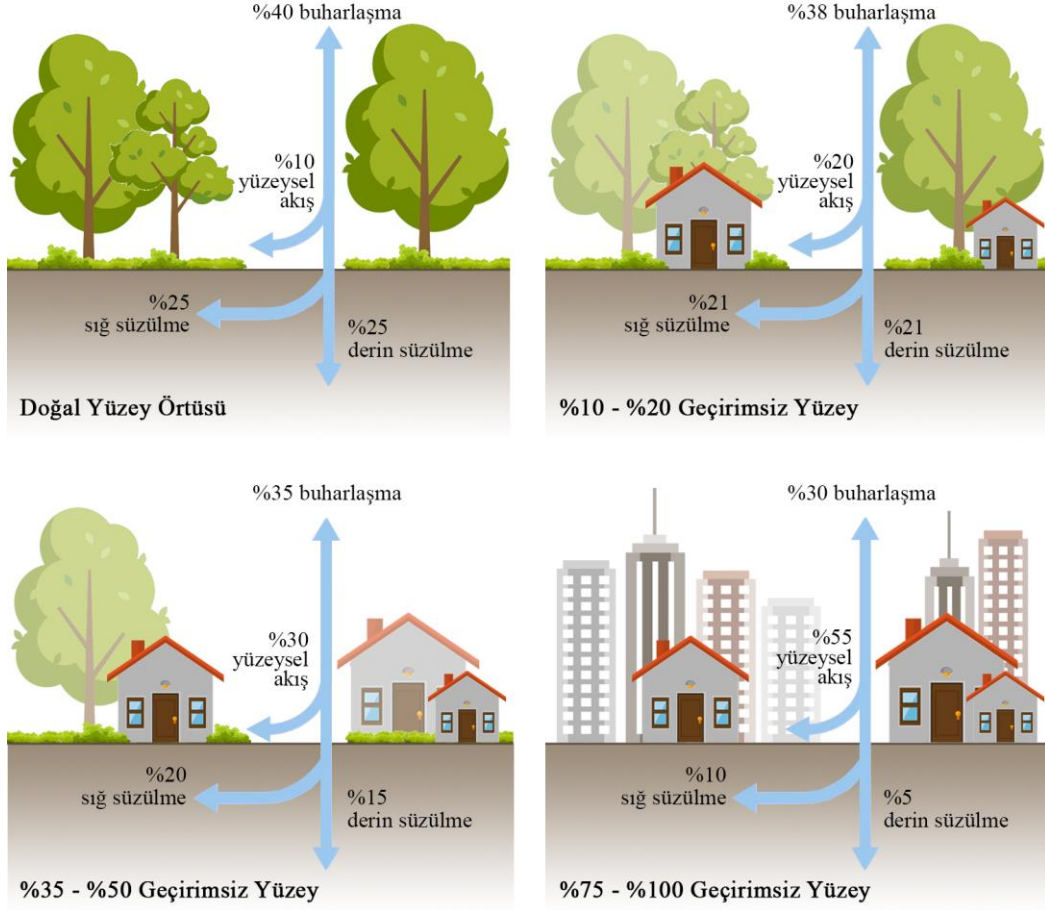
Şekil 2.3 : 1955 ve 2015 yılları arasında, farklı derinliklere göre okyanuslarda depolanan ısı miktarı, EEA (2017)'den uyarlanmıştır (NOAA's National Centers for Environmental Information).

Bilimsel çıktılar ışığında iklim değişikliğiyle mücadele ve iklim değişikliğine uyum konularında karar vericilere yol göstermek üzere, Birleşmiş Milletler'e bağlı olarak faaliyet gösteren Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından kurulan 'Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli' (IPCC)'nin 2022 yılında yayınladığı altıncı değerlendirme raporuna göre iklim değişikliğinin etkileri artarak sürmektedir. Aynı şekilde, meydana gelen bu olumsuz etkileri en aza indirgeyebilmek için iklim değişikliği ve küresel ısınmaya karşı gerekli önlemlerin alınmasının oldukça önemli olduğu vurgulanmaktadır (IPCC, 2022). Özellikle küresel ısınmanın su üzerinde hem çevresel hem ekonomik anlamda oldukça fazla olumsuz etkisinin olması, var olan su kaynaklarını korumanın, bilinçli tüketimin ve gerektiğinde yeniden kullanımın ne derece önemli olduğunu da gözler önüne sermektedir.

2.3 Bilinçsiz ve Hızlı Kentleşmenin Su Üzerindeki Etkisi

İklim değişikliğinin yanı sıra, yerleşme ölçeğinde alınan yanlış tasarım kararları da, kentlerde çeşitli su sorunlarına sebep olmaya başlamıştır. Bilinçsiz ve hızlı kentleşmenin bir getirisi olarak, kentsel ölçekte yapılan yanlış planlamaların yağış sonrası oluşan yüzeysel akış miktarını artırdığı, yer altı su kaynaklarının beslenmesine engel olduğu, doğal su döngüsünü bozduğu ve su kalitesini düşürdüğü çeşitli çalışmalarda vurgulanmıştır (Kong ve diğ., 2017).

Kırsal alanlardan kentsel alanlara hareketin ve nüfusun hızlı artışı, arazi kullanımı açısından değişikliklere sebep olurken kentlerde bina stokunun artması sıkışık yerleşmeler ile sonuçlanmış, özellikle geçirimsiz yüzeylerde kaçınılmaz bir artış meydana getirmiştir. Geçirimsiz sert yüzeylerin aşırı artışı ve doğal yeşil yüzeylerin bu artışa ters orantılı olarak azalmasının sonucunda, yağışın ardından toprak tarafından emilerek su döngüsüne katılması beklenen yağmur suyu yeraltına sızmadan yüzeysel akış olarak kaybedilmeye başlamıştır (Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı, 2018). Şekil 2.4'te detaylı olarak görüldüğü üzere, neredeyse tamamen geçirimli yüzeylerden oluşan doğal alanlarda yağışın büyük bir bölümü yer altına sızmakta iken, yüksek oranda geçirimsiz yüzeyler ile kaplı alanlarda yağışın büyük bir bölümü yüzeysel akışa geçmektedir.



Şekil 2.4 : Geçirimsiz yüzeyler ile yüzeysel akış arasındaki ilişki, FISRWG, (1998)'den uyarlanmıştır.

Geçirim oranı düşük yerleşmelerde, toprak tarafından emilemeyen ve kanalizasyon sistemleri ile uzaklaştırılan yağmur suyu yeraltı su kaynaklarını besleyemediğinden, özellikle içme suyu kaynaklarının yenilenememesine sebep olmaktadır. Yüzeysel akışa karışan yağmur suyunun, hidrolojik su döngüsünde meydana gelen kırılma ile kuraklığa kadar giden sorunlara yol açacağı tahmin edilmekle birlikte, yağmur suyu kirliliği gibi başka çevresel sorunlara da yol açtığı bilinmektedir. Pestisitler, bakteriler, kimyasallar gibi çeşitli kirleticiler, yüzeysel akışa geçen yağmur suyuna karışarak şehir kanalizasyonlarıyla en yakın göle, dereye veya okyanusa taşınır. Konutlardaki lavabo veya tuvaletten gelerek kanalizasyona karışan kirli suyun aksine zararlı kirleticileri bünyesinde taşıyan yağmur suyu arıtılmadan kanalizasyona karıştığından su kaynakları için oldukça büyük bir tehlike oluşturmaktadır. İçinde barındırdığı çeşitli kimyasalların yanı sıra yaprak, ambalaj, sigara izmaritleri gibi küçüklü büyüklü her çeşit atık yüzeysel akış ile sürüklenerek, yağmursuyu yönetim sistemlerinin tıkanmalarına sebep olabileceği gibi yeryüzü su kaynaklarına taşınan bu atıklar su

ekosistemine de büyük zararlar vermektedir (TOBB, 2019, Wang ve diğ., 2021). Ayrıca yüksek geçirimsiz alan oranına sahip yerleşmelerde, yağmur suyu yağışın ardından hızlı bir şekilde yüzeysel akışa karıştığından, özellikle aşırı yağışlarda, yağmur suyu drenaj sistemlerinin yetersiz kalmasıyla birlikte sel, taşkın, erozyon gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir (Yao ve diğ., 2017). Yüzeysel akış ile meydana gelebilecek çeşitli sorunlara ilişkin görseller Şekil 2.5’te görülmektedir.



Şekil 2.5 : Yüzeysel akış nedeniyle meydana gelebilecek sorunlar (Osorio, 2020; South River Federation, 2015).

2.4 Türkiye’de Yerleşme Ölçeğinde Suyun Önemi

Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, enerji ve kaynak kullanımının yanı sıra suyun da yerleşme içindeki önemine dikkat çekebilmek için; ‘Binalar İle Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika’ alt yapısını hazırlamıştır. Bu sertifika ile doğayla uyumlu, yapının arazi seçiminden yıkımına kadar yaşam döngüsü çerçevesinde değerlendirilen, iklim verilerine ve yöreye uygun, ihtiyacı kadar enerji ve su tüketen, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan, atık yönetimine sahip ve karbon salımı izlenebilir olan, bütüncül bir yaklaşımla tasarlanan bina ve yerleşmelerin değerlendirilmesi ve sertifikalandırılması amaçlanmaktadır (CSB, 2021).

‘Binalar İle Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika’ değerlendirme kılavuzunda, binalar ve yerleşmeler ayrı ayrı değerlendirilmiş, yeni ve mevcut bina ve yerleşmeler için farklı krediler tanımlanmıştır. Çeşitli kategorilere ait değerlendirme modülleri bulunan kılavuzda, her bir modül kendi içinde temalara ayrılarak temaların içerisinde yer alan kriterlerin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir. Yerleşmeler için yeşil sertifika değerlendirme kılavuzunda, yerleşmelerde su korunumu sağlamaya yardımcı olacak kriterler aşağıda listelenmiştir.

Sürdürülebilir Arazi Kullanım, Ekoloji ve Afet Yönetimi modülünde bulunan;

- Açık ve yeşil alan oranında artış sağlanması (AKE 03 K2),
- Yağmur suyu toplama sistemi kullanılması (AKE 05 K1),
- Atık su yönetimi ve arıtılmış atık suyun yeniden kullanımı (AKE 05 K2) kriterleri.

Ulaşım ve Hareketlilik modülünde bulunan;

- Yağmur suyu toplama sistemlerinin oluşturulması (UHA 04 K4) kriteri.

Kentsel Tasarım modülünde bulunan;

- Yüksek kaliteye sahip, erişilebilir yeşil alanlar sağlanmış olması (KET 03 K2),
- Toplum bahçeleri ile kent tarımının desteklenmiş olması (KET 03 K3),
- İklim değişikliğine uyum sağlayan tasarımların yapılması (KET 06 K2) kriterleri.

İnovasyon_Yerleşme modülünde bulunan;

- İzleme ve Değerlendirme – Enerji ve su tüketiminde bilgi teknolojilerine dayalı ‘izleme, ölçme ve değerlendirme’ çözümleri içeriyor olması ve sonuçların paydaşlar tarafından izleniyor olması (INO 02 K1) kriteri.

Kentsel planlama ve peyzaj, yüzeysel akışı ve dolayısıyla su korunumunu doğrudan etkileyen önemli bir çalışma alanı olmasına rağmen, konuya ilişkin çalışmalar daha çok çevre mühendisliği, hidroloji ve şehircilik kapsamında yürütülmüş, mimarlık alanındaki çalışmalar çoğunlukla tasarım önerisi ölçeğinde kalmıştır. Bu nedenle, bu çalışmada yerleşme tasarımının su korunumu üzerindeki önemi vurgulanarak çeşitli yerleşmelerde oluşan yüzeysel akış miktarları değerlendirilmiş, yerleşme ölçeğinde yüzeysel akış miktarını azaltmaya yönelik alınabilecek önlemler ve iyileştirmelere dikkat çekilmiştir.

3. YERLEŞME ÖLÇEĞİNDE YAĞMUR SUYU YÖNETİMİ VE SU KORUNUMU

Son yıllarda; yerleşmelerde su korunumu açısından meydana gelebilecek olumsuz etkilerin azaltılabilmesi ve gerekli önlemlerin alınabilmesi için, konvansiyonel yağmur suyu yönetim sistemlerinin yanında, sürdürülebilir yağmur suyu yönetim modelleri de ortaya çıkmıştır. Avusturalya kökenli ‘Suya Duyarlı Kentsel Tasarım’ (Water Sensitive Urban Design (WSUD)), İngiltere kökenli ‘Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri’ (Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS)), ABD kökenli ‘Düşük Etkili Gelişim’ (Low Impact Development (LID)) ve Çin kökenli ‘Sünger Şehir’ (Sponge City) yaklaşımları bu geliştirilen modeller arasında en sık tercih edilenlerdir (Müftüoğlu ve Perçin, 2015).

Yerleşmelerde su korunumu sağlama hedefine yönelik geliştirilen tüm bu yaklaşımlar, kentsel alanlarda su ortamlarının korunması da dâhil olmak üzere, su temini ve su döngüsünün verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi adına geliştirilmiş yaklaşımlardır. Bu yaklaşımlar ile su korunumunun kentsel tasarım süreçlerine dâhil edilmesi ve konuya gerekli önemin verilmesi amaçlanmaktadır (Wong, 2006). Başka bir deyişle, kentsel tasarımın; atık su, yağmur suyu ve yeraltı suyu yönetimi ile bütünleştirilerek çevre kontrolünün sağlanması, su döngüsü ve su teminine katkı sağlaması hedeflenmektedir.

Kentlerin geçirgen yüzeyler ile tasarlanarak yağmur suyu akış hacminin ve hızının kontrol altına alınabilmesi için benzer çözümler öneren bu yaklaşımlar, yüzeysel akışı bir sorun olarak değil aksine önemli bir kaynak olarak görmektedir. Su korunumu açısından doğru tasarlanmış ve düzgün uygulanmış bir yerleşme; sel, taşkın gibi felaketlerin sıklığını ve şiddetini azaltırken, su kalitesini artırabilmekte, su temini ve su döngüsüne katkı sağlayabilmektedir. Bunun yanı sıra, kentsel peyzajdaki suyun korunması için geliştirilen bu yaklaşımlar, peyzaj alanlarına yapay su kütlelerinin ve bitki örtüsünün, özellikle de ağaçların, entegre edilmesi ile dış ortam sıcaklığını düşürme, insan termal konforunu iyileştirme gibi ‘İklim Duyarlı Kentsel Tasarım’

(Climate Sensitive Urban Design (CSUD)) yaklaşımı hedeflerini de karşılayabilmektedir (Coutts ve diğ., 2012).

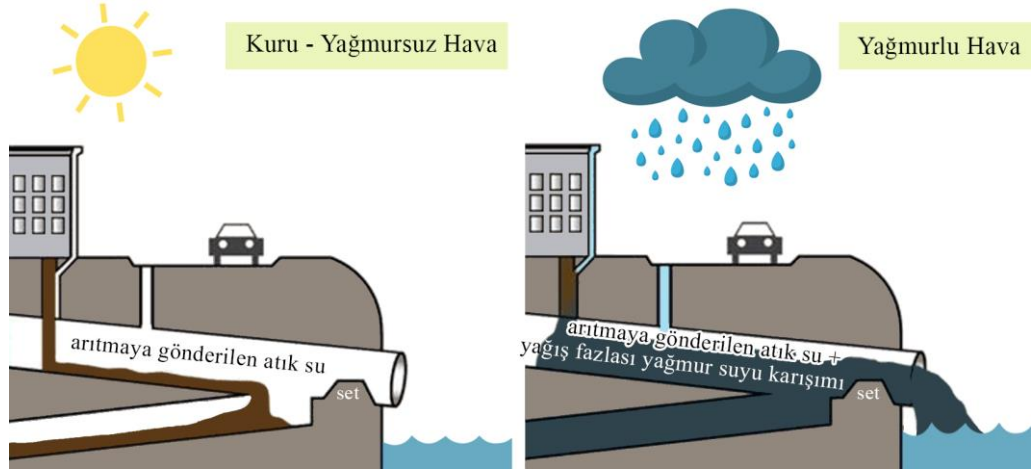
Kentsel alanlarda sıklıkla karşılaşılan konvansiyonel yağmur suyu yönetim sistemleri ve yüzeysel akışın sebep olduğu olumsuz etkilerin azaltılarak su etkin şehirler tasarlanmasını sağlayan sürdürülebilir yağmur suyu yönetim sistemleri aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

3.1 Konvansiyonel Yağmur Suyu Yönetimi

Kentsel alanlarda yağışın ardından hızlı bir şekilde akışa geçen yağmur suyunun yönetimi için çoğunlukla karşılaşılan yöntem, yağmur suyunun kanalizasyon sistemleri ile ortamdan uzaklaştırılmasıdır. Bu sistemler birleşik ve ayrık olmak üzere temelde iki tanedir.

3.1.1 Birleşik kanalizasyon sistemleri

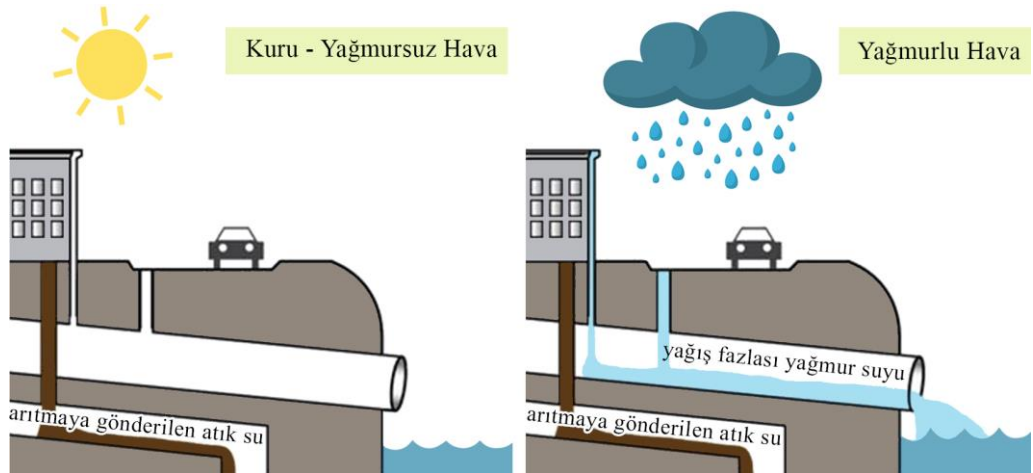
Birleşik kanalizasyon sistemlerinde, yağış fazlası yağmur suları ve evsel-endüstriyel atık sular aynı kanal ile taşınır. Yağış fazlası yağmur suyunun hacmi atık su hacminden daha fazla olduğu için ikisini birlikte taşıyacak olan tek kanalın, ayrık sistemlerdeki kanallara göre daha büyük olması gerekmektedir. Büyük kanallar tıkanma ve bakım açısından faydalı olsa da, kanal çapının büyümesi sebebiyle yalnızca atık suyun taşındığı yağmursuz günlerde suyun derinliği yeterli gelemediğinden atıkların taşınması güçleşmektedir (Punmia ve Jain, 1998). Ayrıca, yağmur suyu ve atık su aynı kanal ile taşındığından birlikte arıtmaya gönderilmektedir. Yüzeysel akışa geçen yağmur suyunun içinde pestisitler, bakteriler, kimyasallar gibi zararlı kirleticiler olduğunda bu durum avantaj sağlasa da, aşırı yağışlarda arıtmaya gönderilecek su miktarı artacağından kanal kapasitesinin yetersiz kalması ile atık su yağmur suyu ile birlikte su kaynaklarına taşarak su kirliliğine yol açmaktadır (Şekil 3.1). Ayrıca yağmur suyu atık su ile karışarak gereksiz kirlendiği için arıtmaya gönderilen su hacminin artması ile arıtma tesislerine binen yükün ve maliyetin artmasına sebep olmaktadır (Puskás-Preszner ve diğ., 2022; Tibbetts, 2005).



Şekil 3.1 : Birleşik kanalizasyon sistemlerin çalışma prensibi, EPA (2004)’ten uyarlanmıştır.

3.1.2 Ayrık kanalizasyon sistemleri

Ayrık kanalizasyon sistemlerinde, yağış fazlası yağmur suları ve evsel-endüstriyel atık sular farklı kanallar ile taşınmaktadır. Şekil 3.2’de de görüldüğü üzere, evsel-endüstriyel atık sular doğrudan arıtma tesislerine yönlendirilirken, yağış fazlası yağmur suları herhangi bir işleme tabi tutulmadan doğrudan su kaynaklarına aktarılır (Punmia ve Jain, 1998). Bu durum arıtma tesislerine binen fazla yük ve maliyetin azalmasını sağlasa da yağmur suyunun içine zararlı kirleticiler karıştığı koşulda doğrudan su kaynaklarına aktarılan yağmur suyu su kirliliğine yol açabilir. Yağış fazlası yağmur suyu atık su kanalına karışmadığından, kanallarda toplanan yağmur sularının basit bir arıtma işleminden geçerek peyzaj sulama, tarım gibi alanlarda yeniden kullanılması sistemi daha elverişli hale getirebilir.



Şekil 3.2 : Ayrık kanalizasyon sistemlerin çalışma prensibi, EPA (2004)’ten uyarlanmıştır.

Birleşik ve ayrık kanalizasyon sistemlerinin her ikisinin de çeşitli avantajları ve dezavantajları vardır. Hangi sistemin daha iyi hizmet vereceği, yerleşim bölgesinin özelliklerine ve koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir. Bunun yanı sıra, 29940 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan ‘Atık Su Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik’te kanalizasyon sistemlerinin planlanması aşamasında ayrık sistemlerin tercih edilmesi vurgulanmaktadır. Birleşik ve ayrık kanalizasyon sistemlerinin birbiri ile karşılaştırıldığı detaylı tablo Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Birleşik ve ayrık kanalizasyon sistemlerinin karşılaştırılması (Topal ve Arslan Topal, 2012).

Birleşik Kanalizasyon Sistemleri	Ayrık Kanalizasyon Sistemleri
Yatırım maliyeti düşüktür.	Yatırım maliyeti birleşik kanalizasyon sistemine göre %40- 60 oranında fazladır
Yapılacak arıtma tesisinin boyutu büyüktür.	Arıtma tesisinin boyutu küçüktür.
Yağmurlu zamanlarda arıtma tesisine gelen atık su miktarı düzensizdir, arıtmada sorunlara sebep olabilir.	Yağmurlu zamanlarda arıtma tesisine gelen atık su miktarı sabittir, arıtmada sorunlara yol açmaz.
Caddelerden gelen tuz, kum, toprak vs. gibi arıtmada problem oluşturabilecek maddeler kanalizasyon sistemine girer.	Caddelerden gelen kum, tuz, toprak vs. maddeler atık sudan farklı kanala girdiği için arıtma tesisine gitmez.
Kanallarda akış hızı az olabileceğinden kanallarda septik şartlar oluşarak oksijensiz ortam oluşabilir bu durum da kötü kokulara sebep olabilir.	Kanallarda akış hızı sabit ve hızlı olduğundan septik şartlar ve oksijensiz ortam nadir oluşur.
Kanallar sık sık yıkanarak temizlenmelidir.	Kanalların sık sık yıkanmasına gerek yoktur.
Şiddetli yağışlarda bodrum katlarını su basabilir.	Şiddetli yağışlarda bodrum katlarını su basma riski yoktur.
Kanal ağını büyütmek kolaydır.	Dar sokaklarda iki kanal döşenmesi zor olabilir.

Konvansiyonel yağmur suyu yönetim sistemleri, özellikle şiddetli yağışlarda yeterli gelmediğinden sel, taşkın gibi istenmeyen durumlar oluşabilmektedir. Meydana gelebilecek bu olumsuz etkileri azaltmak amacıyla, konvansiyonel yağmur suyu yönetim sistemlerinin yanında, kentsel ölçekte yağmur suyunun yüzeysel akışa karışmadan döngüye katılabilmesini sağlayan sürdürülebilir sistemlerin de uygulanması oldukça önemlidir (Lim ve Welty, 2017).

3.2 Sürdürülebilir Yağmur Suyu Yönetimi

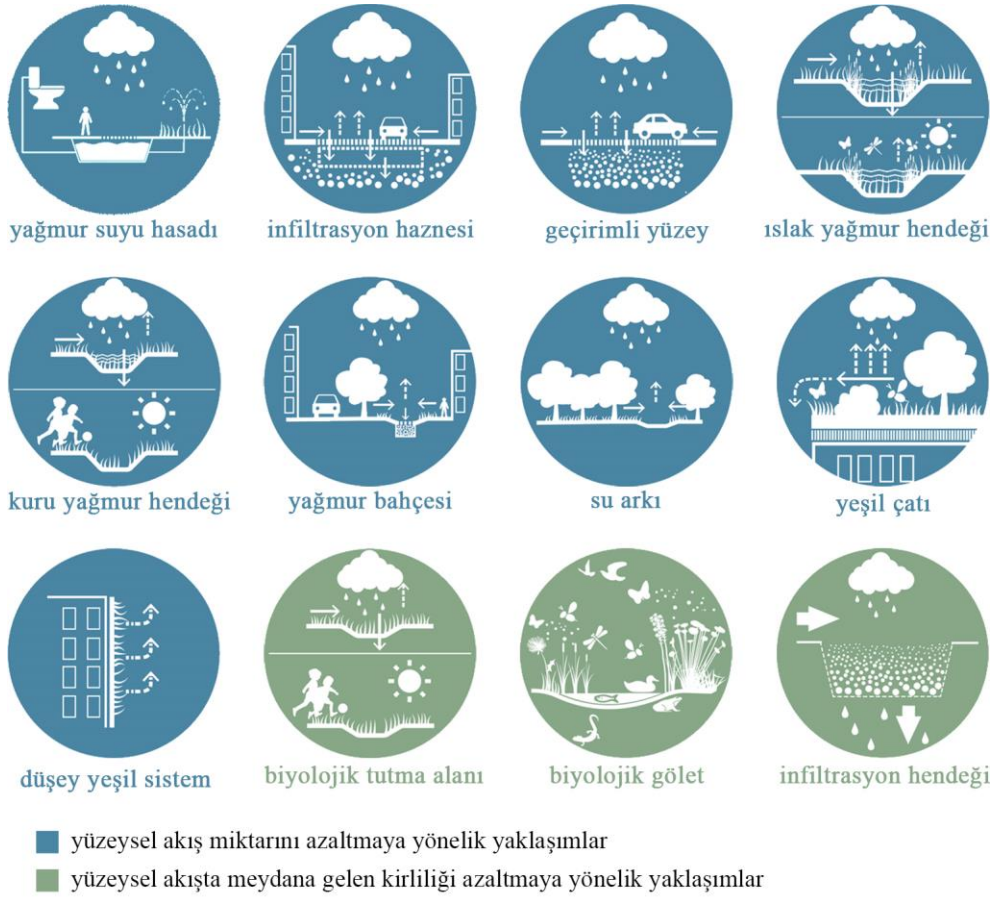
Sürdürülebilir yağmur suyu yönetim yaklaşımları; şiddetli yağışların sebep olduğu sel, erozyon, taşkın gibi felaketlerin önlenmesi, su döngüsünün verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi, yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarının korunması ve hatta alternatif su kaynaklarının oluşturulması açısından tavsiye edilen uygulamalardır. Geliştirilen bu yaklaşımlar ile su korunumu ilkelerinin kentsel tasarım süreçlerine dâhil edilerek etkili bir su korunumu sağlanması amaçlanmaktadır (Wong, 2006).

Şekil 3.3'te görüldüğü üzere; geçirimsiz 'sert' yüzeylerin (çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu vb.) yoğunlukta olduğu kentsel alanlarda yüzeysel akışa geçen yağmur suyu miktarı ve hızında artış gözlenir. Yağmur suyunun bu hızlı akışı yeraltına sızan su miktarını azaltırken, yağmur suyunun fazlasıyla kirlenmesine yol açar. Sürdürülebilir yağmur suyu yönetim yaklaşımlarının (yağmur bahçesi, yeşil çatı, geçirimli yüzey malzemeleri, yağmur hendeği vb.) uygulandığı kentsel alanlarda ise, yüzeysel akışa geçen yağmur suyu miktarı ve hızı oldukça düşük olurken, yavaşlayan yağmur suyunun büyük bir bölümü yer altına sızar. Ayrıca toprak tabakasından geçerek yeraltı kaynaklarına ulaşan yağmur suyunun da doğal yollarla arıtılmasını sağlar.



Şekil 3.3 : Geçirimsiz 'sert' yüzeylerin yoğunlukta olduğu kentsel alanlar ile sürdürülebilir yağmur suyu yönetim yaklaşımlarının uygulandığı kentsel alanların yüzeysel akış açısından karşılaştırılması, Hawkey & Integration and Application Network (2013)'ten uyar

Kentsel ölçekte uygulanabilecek çeşitli sürdürülebilir yağmur suyu yönetim yaklaşımları Şekil 3.4'te görüldüğü gibi, bu yaklaşımlar aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.



Şekil 3.4 : Sürdürülebilir yağmur suyu yönetiminde uygulanabilecek bazı yaklaşımlar, Fumero (2020)’den uyarlanmıştır.

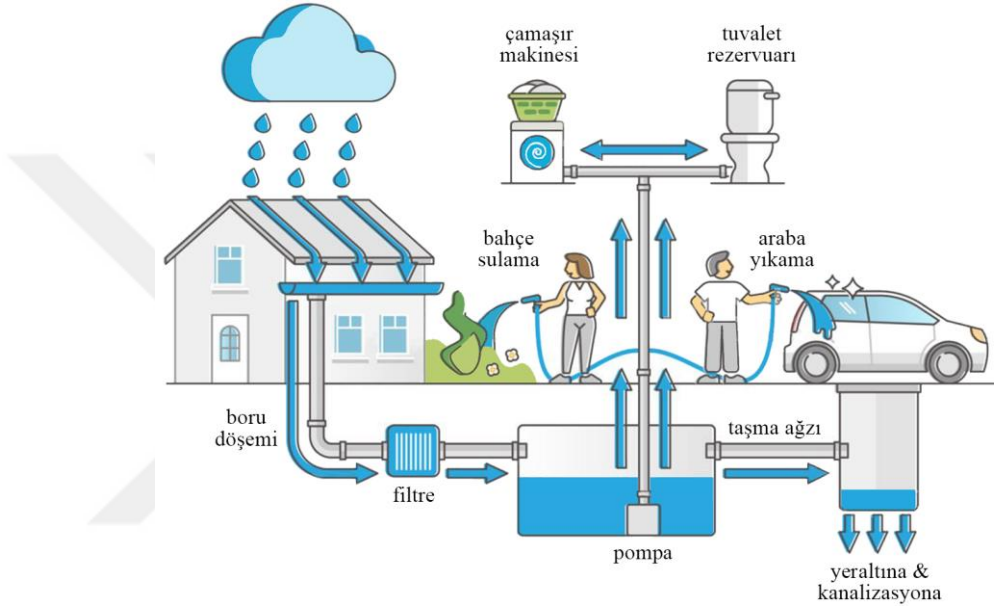
3.2.1 Yüzeysel akış miktarını azaltmaya yönelik yaklaşımlar

Sürdürülebilir yağmur suyu yönetim yaklaşımları ile özellikle aşırı yağışlarda meydana gelen yüzeysel akış miktarı azaltılarak kanalizasyonlara aşırı yük binmesi önlenabilmekte ve sel, taşkın gibi felaketlerin önüne geçilebilmektedir. Yüzeysel akış miktarını azaltmaya yönelik çeşitli sürdürülebilir yağmur suyu yönetim yaklaşımları aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

3.2.1.1 Yağmur suyu hasadı

Yağmur suyu hasadı, yağmurun yağmasıyla oluşan suyun, çeşitli alanlarda yeniden kullanılmak üzere toplanıp depolanması işlemidir. 30105 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan ‘Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik’te, yağmur suyu hasadı sistemlerinin umuma mahsus su dağıtım ve temin sistemlerine bir alternatif olduğu ve yüzeysel akış miktarının azaltılması yönünde olumlu etkileri olduğu için ek avantaj sağladığı vurgulanmaktadır. Yağmur suyunun yeniden kullanılmak üzere toplanması, yüzeysel akış miktarını azaltacağı gibi su

kıtlığına çözüm olarak kullanılan en önemli alternatiflerden biridir. Özellikle bahçe sulama, tarım, süs havuzu ve tuvalet rezervuarı dolumu gibi alanlarda önemli miktarlara ulaşan su ihtiyacının içilebilir şebeke sularından karşılanması, hem çevresel hem de ekonomik anlamda önemli kayıplara sebebiyet vermektedir. Yağmur suyu hasadı ile genel olarak binaların çatısından toplanan yağmur suyu, yüksek arıtma işlemi gerektirmeden su ihtiyacının fazla olduğu alanlarda kullanılabilir (Şahin ve Manioğlu, 2019). Yağmur suyu hasadı sistemlerinin çalışma prensibine ilişkin diyagram Şekil 3.5’te görülmektedir.



Şekil 3.5 : Yağmur suyu hasadı sistemlerinin çalışma prensibi.

Sert yüzeyin yoğun olduğu ve sık yağış alan bölgelerde yağmur suyunun toplanarak kullanılması birçok açıdan fayda sağlasa da yeşil alanın bol olduğu kurak bölgelerde durum tersi yönde olabilir. Yağışın az olduğu bölgelerde yağmur suyunun aşırı miktarlarda toplanması, toprağa sızması gereken yağmur suyu miktarını azaltacağından yer altı su kaynaklarının beslenememesine sebebiyet verebilir. Bu kapsamda, Amerika’nın büyük oranda kurak ve yarı kurak eyaletlerden oluşan batı bölgesi yağmur suyu kullanımı açısından incelendiğinde; toplanabilecek yağmur suyu miktarının veya kullanımının yönetmeliklerle sınırlandırıldığı görülmektedir. Bir zamanlar yağmur suyu hasadının yasak olduğu Colorado eyaletinde şu anki yönetmelik ile konut başına toplamda 110 galonu (416 litre) geçmeyecek maksimum 2 yağmur tankına izin verilmektedir (Loper ve Anderson, 2019). Toplanan yağmur suyu ise yalnızca bahçe sulama, araba yıkama gibi dış mekân kullanımlarında kullanılabilir. Böylece, hem şebeke suyu kullanımından tasarruf sağlanması

hem de yağmur suyunun toprağa sızarak tekrar döngüye karışması hedeflenmektedir. Amerika'nın diğer kurak bölgelerinden olan Utah eyaletinde ise, yağmur suyu tank hacminin her parsel için 2500 galonu (945.000 litre) geçmeyecek şekilde düzenlenmesi gerekmektedir (Loper ve Anderson, 2019). Buradan anlaşılmaktadır ki, yağmur suyu hasadı sistemlerinin fayda sağlayabilmesi için yağış bakımından uygun alanların seçilmesi oldukça önemlidir.

3.2.1.2 Bekletme ve infiltrasyon haznesi (geocellular sistem)

Yağmur suyu bekletme ve infiltrasyon hazneleri, diğer bir adıyla geocellular sistemler, yağmurun ardından akışa geçen yüzeysel akışın kontrol edilmesi ve yönetilmesi amacıyla inşa edilen ve modern sarnıç görevi gören sistemlerdir (Şekil 3.6). Özellikle şiddetli yağış sonrası, yüzeysel akışa geçerek kaybedilecek fazla yağmur sularının bu haznelerde bir müddet tutularak geciktirilmesine ve gerektiğinde arıtılarak yeniden kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Fazla yağmur sularının bu sistemlerde depolanması sayesinde, birleşik ve ayrık kanalizasyon sistem kapasitelerinin üstünde bir yağış gerçekleştiğinde, yağış kaynaklı sel felaketlerinin önlenebileceği gibi, yeni inşa edilecek yağmur suyu kanal çaplarının da azalmasına olanak sağlayacağından konvansiyonel yağmur suyu yönetim sistemlerinin maliyetini de düşürecektir. Ayrıca drenaj sistemlerine karışarak kirlenecek olan yağmur suyunun akışa geçmeden bu haznelerde tutularak bekletilmesi, yüzeysel akış kirlenmesinin büyük ölçüde önüne geçmektedir (Demir, 2012).



Şekil 3.6 : Bekletme ve infiltrasyon haznesi sistemlerinin yer altındaki görünüşü, (Url-a).

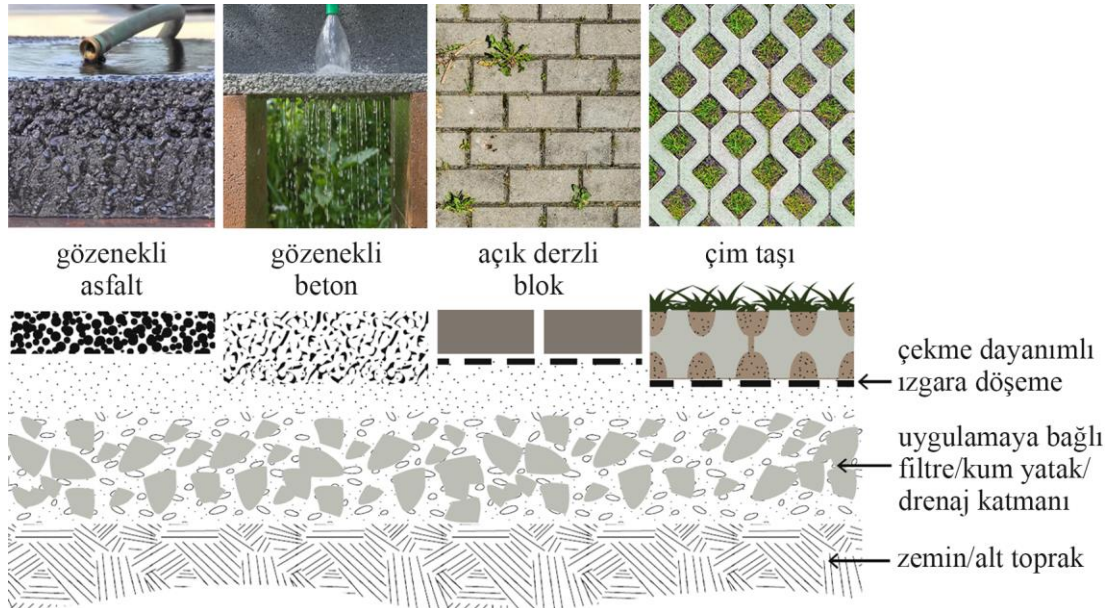
Şekil 3.7’de uygulama örneği verilen bekletme ve infiltrasyon haznesi sistemleri, modüler yapıda olduğu için birçok alana göre uyarlanabilmekte, alana özel boyut ve gereksinimlerde inşa edilebilmektedir (SusDrain (t.y.).



Şekil 3.7 : Bekletme ve infiltrasyon haznesi sistemleri için örnek uygulama, (url-b).

3.2.1.3 Geçirimli yüzey

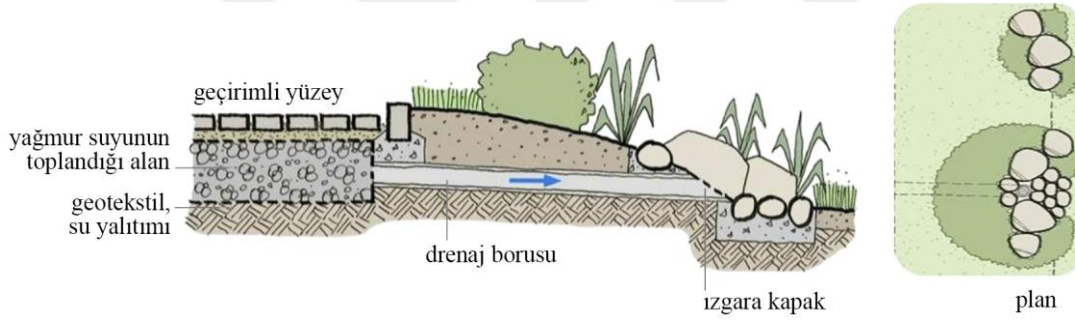
Geçirimli yüzey kaplama malzemeleri, yağmur suyunun yeraltına rahatça süzülmesini sağladığından özellikle yüksek oranda kentleşmiş bölgelerde etkili bir yüzeysel akış kontrolü sağlar. Şekil 3.8’de de görüldüğü üzere; taşıt yolu, yürüyüş yolu, kaldırım gibi alanların yanı sıra rekreasyon alanları, otoparklar, çatılar gibi çok çeşitli alanlarda kullanılabilen geçirimli yüzeyler, sürdürülebilir yağmur suyu yönetiminin en temel uygulamalarındandır (Eisenberg ve diğ., 2015).



Şekil 3.8 : Tipik geçirimli yüzey detayı (alt) ve uygulama örnekleri (üst), Hoban (2019)’dan uyarlanmıştır.

Geçirimli yüzey kaplama malzemelerinin birçok alanda kullanımı uygun olsa da, tasarlanan alanın özellikleri ve gereksinimleri iyi tespit edilmelidir. Aksi takdirde, özellikle ağır araçların geçeceği noktalarda, zayıf mühendislik teknolojileri ile tasarlanan geçirimli yüzeylerde çökme, çatlama gibi istenmeyen durumlar oluşabilmektedir (Hoban, 2019).

Etkili bir yağmur suyu yönetim yaklaşımı olan geçirimli yüzey uygulaması, yalnızca yüzeysel akış miktarını azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda içinde çeşitli kirletici maddeler bulunan yağmur suyunun yer altına süzülürken arıtılmasını sağlayarak su kalitesini de arttırmaktadır (Ahiablame, 2012). Yağmur suyunun arıtılmasına imkân veren geçirimli yüzeyler, drenaj sistemleri ile birlikte tasarlandığında, toplanan yağmur sularının yeniden kullanılmasına da olanak vermektedir. Şekil 3.9’da geçirimli yüzeylerin altında tasarlanmış bir drenaj sistemi ile toplanan yağmur sularının, çevre bahçelerde sulama amacıyla kullanılışına bir örnek gösterilmiştir.

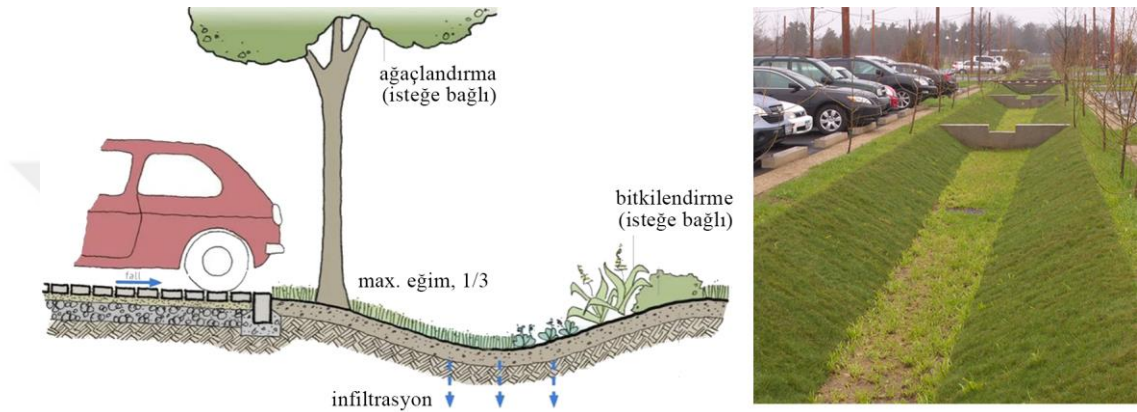


Şekil 3.9 : Drenaj sistemi uygulanan geçirimli yüzey, Susdrain (t.y.)’den uyarlanmıştır.

3.2.1.4 Yağmur hendeği

Yağmur hendekleri, yağmur suyundan maksimum fayda elde edilmesi için kullanılan ve dolayısıyla yağmur suyunu taşıma, arıtma ve yüzeysel akış miktarını azaltma amacıyla inşa edilen uzun ve sığ çukurlardır (Ünal ve Akyüz, 2017). Sürdürülebilir yağmur suyu yönetim yaklaşımlarından biri olan yağmur hendekleri, yüzeysel akışa geçen yağmur suyunu bir müddet depolayarak yer altına sızmasını sağlar. Bu sayede yağışın ardından akışa geçen yağmur suyu kanalizasyon sistemleri ile kaybedilmemekte, yer altı su kaynaklarının beslenmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca yüzeysel akış miktarının ve hızının yavaşlatılmasına, olası sel ve erozyon gibi olayların önlenmesine katkı sağlayan uygulamalardan biridir.

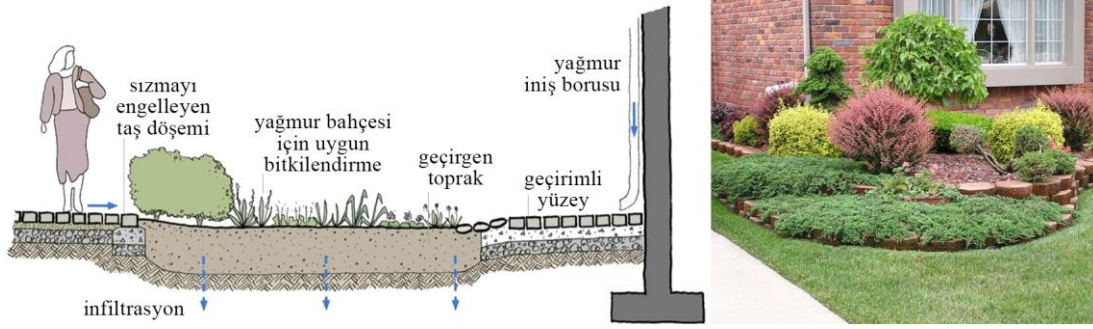
Yağmur hendekleri yüzeyinde sürekli olarak su bulundurup bulundurmama durumuna göre ıslak veya kuru olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Islak yağmur hendeklerinde sürekli olarak su bulunduğu için yerleşim bölgelerinin dışında, kırsal alanlarda kullanılması tavsiye edilmektedir. Kuru yağmur hendeklerinde ise yalnızca yağış zamanlarında yağmur suyu biriktiği için yerleşim bölgelerinde yol kenarları, orta refüj, okul bahçeleri, alışveriş merkezleri gibi alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Ünal ve Akyüz, 2017). Şekil 3.10'da otopark alanı için tasarlanabilecek tipik bir yağmur hendeği örneği görülmektedir.



Şekil 3.10 : Otopark alanı için tasarlanabilecek tipik bir yağmur hendeğinin detay kesiti (sol) ve uygulama örneği (sağ), SusDrain (t.y.) ve Hill (2015)'ten uyarlanmıştır.

3.2.1.5 Yağmur bahçesi

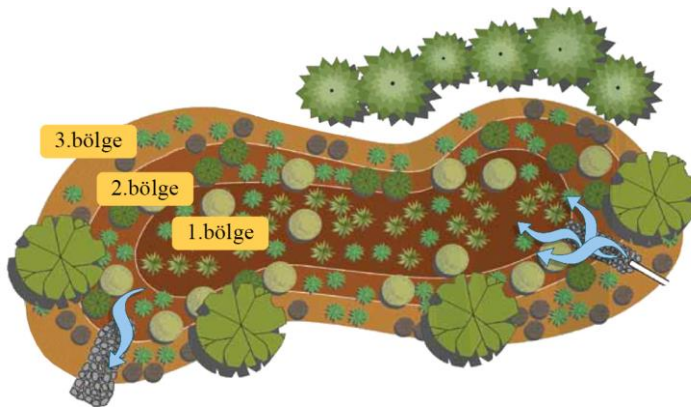
Yağmur bahçeleri, aynı yağmur hendekleri gibi, yüksek sızma kapasitesi sayesinde yağışın ardından akışa geçen yağmur suyu hacmini ve hızını azaltan, üzeri bitkilendirilmiş bahçelerdir (Laukli ve diğ., 2022). Şekil 3.11'de verilen detay kesitinde de görüldüğü üzere; yağış esnasında akışa geçecek yağmur sularının yağmur bahçesi içerisinde toplanabilmesi için çevresine göre daha alçak bir kotta tasarlanması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, çatı gibi alanlardan toplanan yağmur suları da hususi olarak bu alanlara yönlendirilerek kanalizasyon sistemleriyle kaybedilecek yağmur suyunun direk toprak tarafından emilmesine olanak vermektedir. Şekil 3.11'de verilen uygulama örneğinde, konut çatısından toplanan yağmur sularının, bir oluk borusu ile yağmur bahçesine yönlendirilişi görülmektedir.



Şekil 3.11 : Konut peyzajı ve yürüyüş alanları için tasarlanabilecek tipik bir yağmur bahçesinin detay kesiti (sol) ve uygulama örneği (sağ), SusDrain (t.y.)’den uyarlanmıştır.

Kentsel alanlarda yüzeysel akışa geçen yağmur suyunun kirlilik oranı oldukça yüksektir. Yağmur bahçeleri, bitki örtüsü sayesinde, yağmur suyu kirliliğini de etkili bir şekilde azaltmaktadır. Yağmur bahçeleri sayesinde zemine süzülen yağmur suyu büyük oranda temizlendiği için doğal ekosistemin korunması açısından da oldukça faydalı bir uygulamadır (Laukli ve diğ., 2022).

Etkili bir yağmur suyu yönetimi sağlayan bu bahçeler, nem düzeyine göre 3 bölgeden oluşmaktadır (Şekil 3.12). Birinci bölge olan en yüksek nem düzeyine sahip taban alanında, yağış zamanlarında uzun süreli su bulunacağından; suya dayanıklı, kökleri kuvvetli, ani su baskınlarına dayanabilecek bitkiler tercih edilmelidir. Ancak yağış olmadığı zamanlarda kuru bir ortam oluşacağından, taban bölgesi için seçilen bitkinin kurak koşullara da hızlı adapte olabilmesi gerekmektedir. İkinci bölge eğimin bulunduğu geçiş bölgesi olduğundan, yarı kurak koşullarda canlılığını sürdürebilen bitkiler bu bölge için tercih sebebi olabilir. Üçüncü bölge olan en düşük nem düzeyine sahip tampon bölgede ise kuraklığa dayanıklı bitkilerin seçilmesi yağmur bahçesinin sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir (Müftüoğlu ve Perçin, 2015).



Şekil 3.12 : Üst görünüşü verilen yağmur bahçesinin nem düzeylerine göre bölgeleri, Hinman (2013)’ten uyarlanmıştır.

Yağmur bahçesinin büyüklüğü ve derinliği alanın özelliklerine ve gereksinimlerine göre hesaplanmaktadır. Bölgede toplanacak yağmur suyu miktarına göre büyüklüğünün belirlendiği bu bahçeler, alanın eğimine göre ortalama 7cm ila 20cm arası bir derinlikte tasarlanmaktadır. Bundan daha derin olan yağmur bahçelerinde, yağış anında biriken su miktarı fazla olacağından geç süzülme durumları gerçekleşebilmektedir. (Müftüoğlu ve Perçin, 2015).

3.2.1.6 Su arkı

Su arkları, yağmur suyunun alıcı kanallara iletilmeden önce akış hızının azaltılması için tasarlanan açık kanallardır. Güvenliğin de sağlanabilmesi amacıyla çoğunlukla sığ olarak tasarlanan bu açık kanallarda öncelikli olarak suyun taşınması hedeflendiğinden geçirimsiz bir alt yüzeye sahiptirler (Fumero, 2020). Su arkları, yağmur suyu kontrolü sağlayan basit ama etkili bir çözüm olduğu gibi, rekreasyon alanları için bir toplanma alanı şeklinde de kullanılabilir. Şekil 3.13'te peyzaj alanlarında uygulanabilecek bir su arkına ilişkin detay kesiti ve çeşitli uygulama örnekleri görülmektedir.



Şekil 3.13 : Tipik bir su arkının detay kesiti (sol) ve uygulama örnekleri (sağ), SusDrain (t.y.) & Riye (t.y.) ve Binet, (2015)'ten uyarlanmıştır.

Özellikle kentsel ısı adası etkisinin yoğun olduğu şehir merkezlerinde bulunan su kütleleri, yeşil alanlar gibi, mikro iklimde soğutma sağlayan pasif bir eleman olması yönüyle büyük fayda sağlamaktadır (Manteghi, 2016). Aynı şekilde küçük bir su kütlesi olan su arkları da, hem yüzeysel akış hızının azaltılarak kontrolünün sağlanması hem de buharlaşma etkisiyle kentsel alanlarda pasif soğutmaya katkısının olması yönünden daha konforlu alanların tasarlanmasına olanak vermektedir.

3.2.1.7 Yeşil çatı

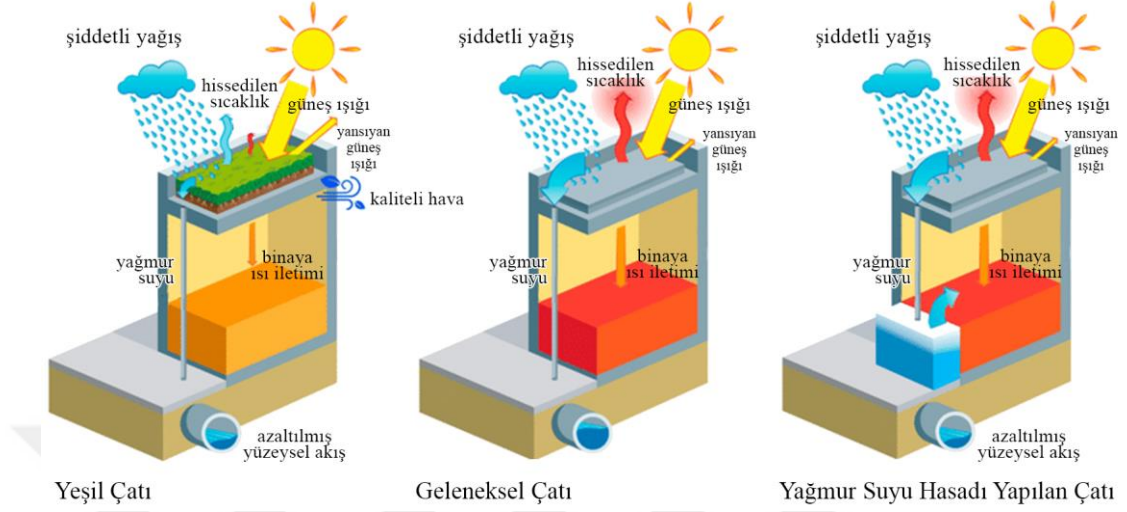
Yeşil çatılar, ekolojik ve sosyal açıdan bir çok fayda sağlayan, bina sebebiyle zeminde kaybedilen alanların telafi edilebildiği, su geçirimsiz bir tabaka üzerine tasarlanan bitkilendirilmiş çatılardır. Şekil 3.14'te de görüldüğü üzere, yeşil çatılar ile yapma çevrede kullanıcılara oldukça geniş ve doğal bir yaşam alanı sunmak mümkün olmaktadır. Bunun yanı sıra, bünyesindeki toprak katmanı sayesinde, yağış anında yüzeysel akışa geçebilme potansiyeli olan yağmur suyunu tutarak yağmur suyu yönetimi için oldukça etkili bir çözüm sağlamaktadır. Toprak tarafından tutulan yağmur suyu, bitkiler tarafından kullanılarak, buharlaşma ve terleme yoluyla atmosfere geri döneceği için su döngüsü üzerinde de olumlu etkileri vardır (Schrieke ve Farrell, 2021). Öte yandan, aşırı yağışlarda su tutma kapasitesini aşabileceklerinden bir drenaj bölümü de bulunan yeşil çatılar, fazla yağmur suyunu kanalizasyon sistemlerine aktarırken geciktirme sağladığı için sel ve taşkın gibi felaketlerin önlenmesinde de büyük fayda sağlamaktadır. Üzerine düşen yağışın çok büyük bir bölümünü tutarak yüzeysel akış oluşumunu önlemeye yardımcı olan yeşil çatıların su tutma kapasitesi; yağış öncesi toprağın nem düzeyi, kalınlığı ve hidrolik özelliği, yağış özellikleri, bitki örtüsü, çatı eğimi gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Liu ve diğ., 2019).



Şekil 3.14 : Yeşil çatı örneği, Ewha Womans University (Morin, 2012).

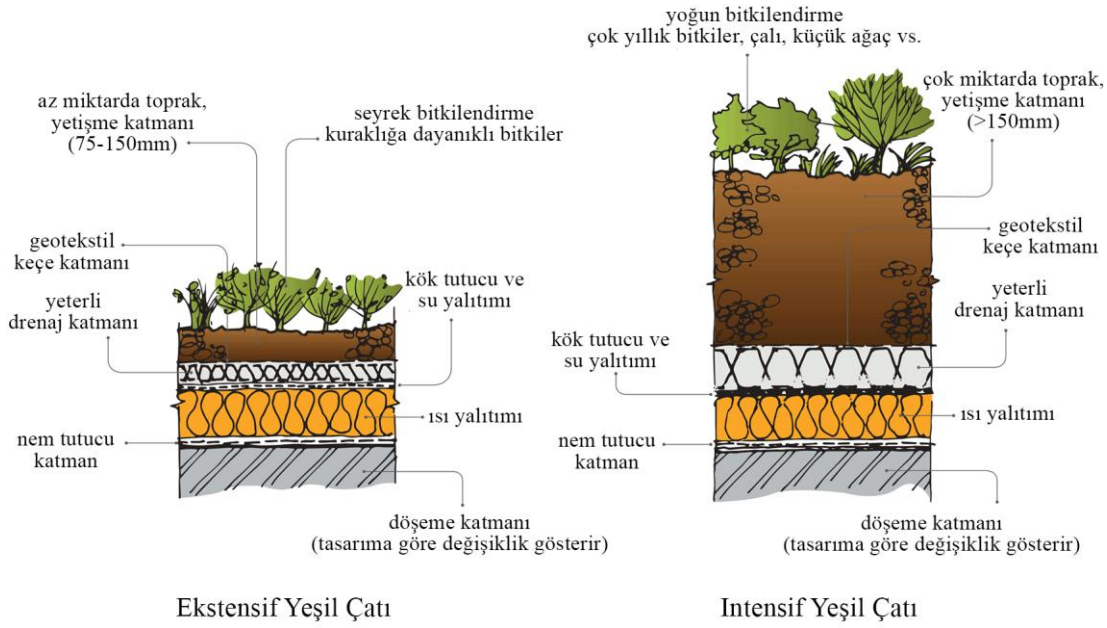
Yeşil çatılar, etkili bir yağmur suyu yönetimi sağladığı gibi, binanın ısı yalıtımına olumlu katkı sağlaması, kentsel alanlardaki yeşil alan oranını arttırması yönüyle kentsel ısı adası etkilerinin azaltılması, bitki örtüsü sayesinde hava kalitesinin yükseltilmesi, biyolojik çeşitlilik sağlayarak mini ekosistemler oluşturması gibi

etkileriyle de hem bina hem kent ölçeğinde oldukça fayda sağlamaktadır (Zhang ve diğ., 2021). Yeşil çatıların çevresine sağladığı bu faydalar, Şekil 3.15'te diğer çatı türleri ile karşılaştırılarak gösterilmiştir.



Şekil 3.15 : Yeşil çatı, geleneksel çatı ve yağmur suyu hasadı yapılan çatının karşılaştırılması, Fraga ve diğ. (2022)'den uyarlanmıştır.

Çatı bahçeleri, toprak ve bitki yoğunluğuna göre; ekstensif ve intensif olarak ikiye ayrılmaktadır. Az miktarda toprak ve seyrek bitkilendirme ile oluşturulan ekstensif çatılar, fazla bakım gerektirmeyen ve yapıya çok yük getirmeyen uygulamalardır. Ekstensif çatılarda toprak kalınlığının az olması sebebiyle, çim, sedum gibi sığ köklü bitkiler tercih edilmektedir. Aynı şekilde, toprağın derinliği bitkilere uzun süreli su depolama için yeterli olmadığından bitkilerin kuraklığa karşı dayanıklı türlerden seçilmesi önemlidir. Çok miktarda toprak ve yoğun bitkilendirme ile oluşturulan intensif çatılar ise düzenli bakım ve sulama gerektiren, yapıya daha fazla yük getiren uygulamalardır. İntensif çatılarda toprak derinliği 1 metreyi dahi aşabileceğinden çok çeşitli bitkiler kullanılabilir. İki çatı türü de özellikle yüzeyel akış miktarını azaltma konusunda oldukça başarılı olsa da, intensif çatılar daha yoğun toprak ve bitki bulundurduğundan, ekstensif çatılara kıyasla, daha yüksek yağmur suyu tutma kapasitesine sahiptir (TS EN 16491-1, 2018). Ekstensif ve intensif çatılara ait detay kesitleri Şekil 3.16'da karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.16 : Ekstensif ve intensif yeşil çatı detay kesiti, Elkink (2017)'den uyarlanmıştır.

3.2.1.8 Düşey yeşil sistem

Düşey yeşil sistemler, bina cephesi veya duvar yüzeylerinin çeşitli tekniklerle düşey olarak bitkilendirildiği sistemlerdir. Düşey yeşil sistemler; bina cephesinde ısı ve ses yalıtımı sağlaması, artan yapı stoku nedeniyle oluşan kentsel ısı adası etkilerini azaltması, iç ve dış mekânda hava kalitesini artırması gibi nedenlerle tercih edildiği gibi, yüzeysel akışın azaltılması amacıyla da kullanılmaktadır (Ostendorf ve diğ., 2021). Şekil 3.17'de görüldüğü üzere; yağış esnasında rüzgâr etkisiyle açılı bir şekilde yeryüzüne düşen yağmur suları bina cephelerine de düştüğünden, cephe üzerinde bulunan yeşil sistemler, yüzeysel akışa karışacak yağmur suyu miktarını azaltmaya yardımcı olmaktadır.

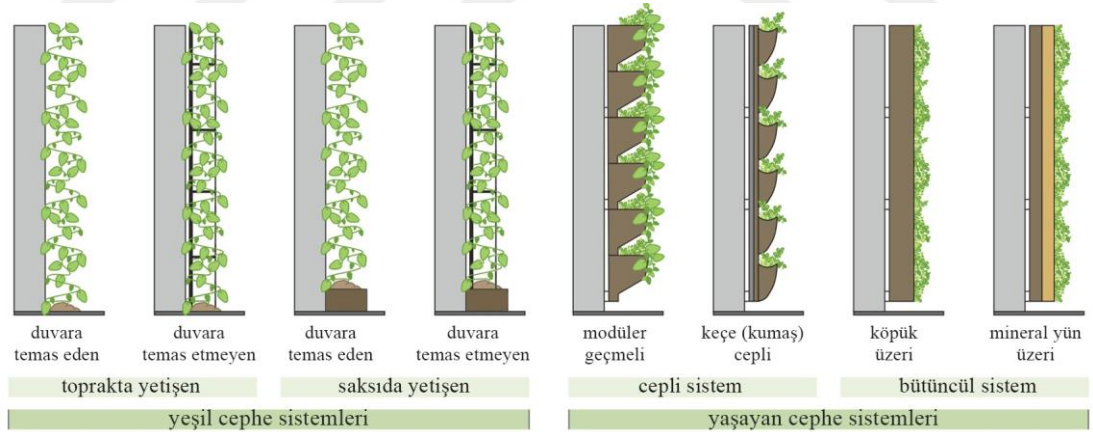


Şekil 3.17 : Yer çekimi ve rüzgârın yağış yönü üzerindeki etkisi.

Düşey yeşil sistemler çoğunlukla ilave sulama sistemi gerektirdiğinden, özellikle borulama sistemlerinde oluşan su kaybı sebebiyle su korunumu açısından dezavantaj

oluştursa da, binaya entegre edilen yağmur suyu hasadı ve gri su sistemleri ile şebeke suyuna ihtiyaç duyulmayacak şekilde de tasarlanabilmektedir (Pirouz ve diğ., 2020).

Sürdürülebilir yağmur suyu yönetim yaklaşımlarından biri olan düşey yeşil sistemler, yapım tekniğine göre yeşil cephe sistemleri ve yaşayan cephe sistemleri olarak ikiye ayrılır. Yeşil cephe sistemlerinde bitkiler, duvar altında bulunan yetiştirme ortamlarında büyümektedir. Zemindeki toprakta veya zemin üzerindeki bir saksıda yetişen tırmanıcı bitkilerin cepheyi kaplamasıyla meydana gelen yeşil cepheler, en kolay uygulanan düşey yeşil sistemlerden biridir. Bunun yanı sıra yeşil cepheler, özel bir çaba gerektirmeden, özellikle binanın çatlak kısımlarında yeşeren tırmanıcı bitkiler ile doğal yollarla da oluşabilmektedir. Yaşayan cephe sistemlerinde ise bitkiler, duvardan ayrı tutulmakta ve duvara monte edilen bir yetiştirme ortamında büyümektedir. Aynı şekilde, damla sulama sistemi gibi, bitkinin su ihtiyacını karşılayacak sistemler de duvara monte edilen cepli veya bütüncül sistemler sayesinde taşınmaktadır. Yeşil cephelere göre daha maliyetli olan yaşayan cepheler, bitkilerin çeşitliliği ve yoğunluğu sebebiyle de, yeşil cephelere göre daha fazla bakım gerektirir (Erdoğan, 2014). Yapım tekniğine ve yetiştirme ortamlarına göre ayrılan düşey yeşil sistem örnekleri Şekil 3.18’de verilmiştir.



Şekil 3.18 : Düşey yeşil sistem tiplerine ilişkin şematik detay kesitleri, Pochodyla ve diğ. (2021) ve Palermo & Turco (2020)’den uyarlanmıştır.

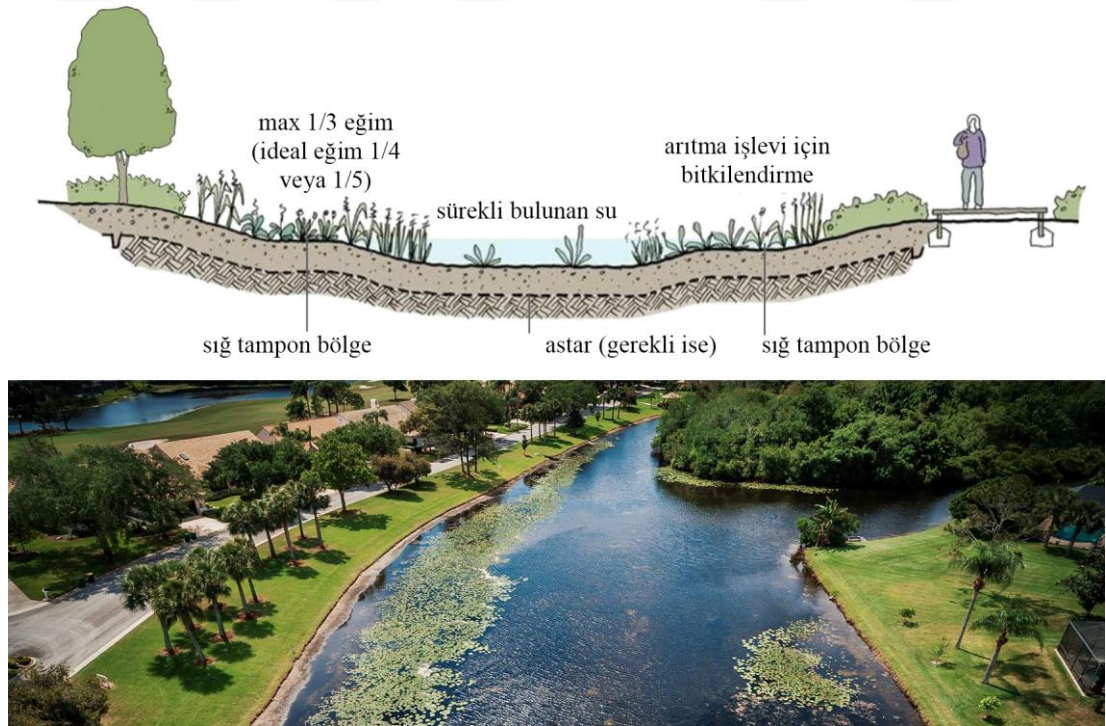
3.2.2 Yüzeysel akışta meydana gelen kirliliği azaltmaya yönelik yaklaşımlar

Sürdürülebilir yağmur suyu yönetim yaklaşımları ile yüzeysel akış miktarı azaltılabildiği gibi, akışa karışarak çeşitli kirleticileri bünyesine toplayan yağmur suyunun arıtılması da mümkün olabilmektedir. Yüzeysel akışta meydana gelen

Diğer yağmur suyu yönetim yaklaşımlarında da olduğu gibi, biyolojik tutma alanlarında, şiddetli yağış sonrası aşırı göllenme veya taşma riskine karşı ekstra bir drenaj sistemi de kurgulanabilmektedir. Özellikle toprakların yeterli geçirgenlikte olmadığı veya daha hızlı drenajın istendiği durumlarda, kurgulanacak drenaj sistemi suyun istenilen şekilde tahliye edilmesine olanak vermektedir (Lisenbee ve diğ., 2021).

3.2.2.2 Biyolojik gölet

Biyolojik göletler, yağış ardından akışa geçen yağmur suyunun büyük oranda tutulmasını ve yüzeysel akışta meydana gelen kirliliğin doğal yollarla azaltılmasını sağlayan yapay göletlerdir. Şekil 3.20’de detay kesiti ve bir uygulama örneği verilen biyolojik göletler, içinde çeşitli kirleticiler ile gelen ve biyolojik göletlerde tutulan yağmur suyunu, hiçbir kimyasal madde olmaksızın, içerisindeki mikro-organizmalar ve bitkiler sayesinde çeşitli biyolojik ve fizikokimyasal süreçler ile arıtabilmektedir (Yazdi ve diğ., 2021). Kimyasal ürünlere ihtiyaç duyulmadığı için insan ve çevre sağlığı açısından bir zararı olmasa bile, gölet bakımının ihmal edilmemesi gerekmektedir. Aksi takdirde, istenmeyen canlıların aşırı artışı ile işlevini yerine getiremeyen biyolojik göletler, sağlık açısından istenmeyen durumlara sebep olabilmektedir (Balciunas, 2021; Jande ve diğ., 2022).



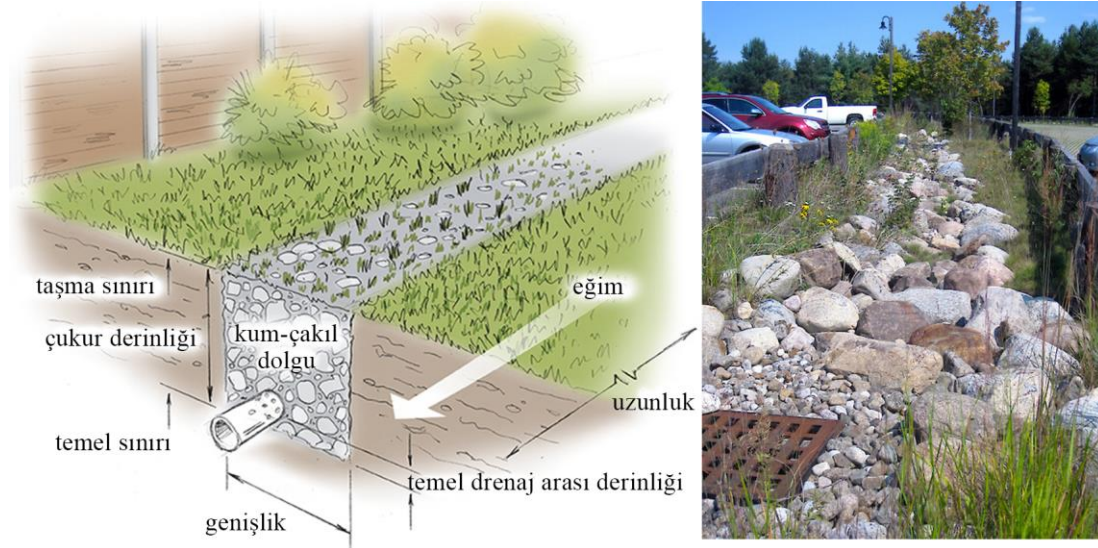
Şekil 3.20 : Tipik bir biyolojik göletin detay kesiti (üst) ve uygulama örneği (alt), SusDrain (t.y.) ve Balciunas (2021)’den uyarlanmıştır.

Yüzeysel akış miktarı ve kalitesi açısından oldukça etkili bir uygulama olan biyolojik göletler, kentsel ısı adası etkisinin azaltılması, yüksek karbon tutma kapasitesi ile iklim değişikliğine sebep olan sera etkisinin azaltılması, barındırdığı canlılar ile kentsel alanlarda biyoçeşitlilik sağlaması gibi yönleriyle de çevresine birçok fayda sağlamaktadır (Merriman ve diğ., 2017).

3.2.2.3 İnfiltrasyon hendeği

İnfiltrasyon hendekleri, yüzeysel akışa geçen yağmur suyunun zeminde geçici bir süre depolanarak azaltılmasını ve akışa geçerek kirlenen yağmur suyunun hendek içindeki kum-çakıl dolgular ile filtrelenmesini sağlayan uygulamalardır. Yüzeysel akış kontrolü sağlayan birçok uygulamanın temel ögesi olarak kullanılan kum-çakıl dolgular, infiltrasyon hendeği örneğinde olduğu gibi tek başına bir sistem olarak da tasarlanabilmektedir.

Uygun drenaj sistemleri kullanıldığı durumda, yağmur suyunun hendek boyunca dağıtılması mümkün olabilmekte ve böylece sistemin yüzeysel akış tutma kapasitesi arttırılabilmektedir (Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik, 2017). Şekil 3.21’de uygulama örneği ile birlikte verilen şematik detay kesitinde görüldüğü üzere, etkili bir yağmur suyu yönetimi sağlanabilmesi için uygulama boyutlarına da dikkat edilmesi gerekmektedir.



Şekil 3.21 : Tipik bir infiltrasyon hendeğinin detay kesiti (sol) ve uygulama örneği (sağ), InfoDrainage. (2021) ve Hawkey, J. & Integration and Application Network (2013)’den uyarlanmıştır.

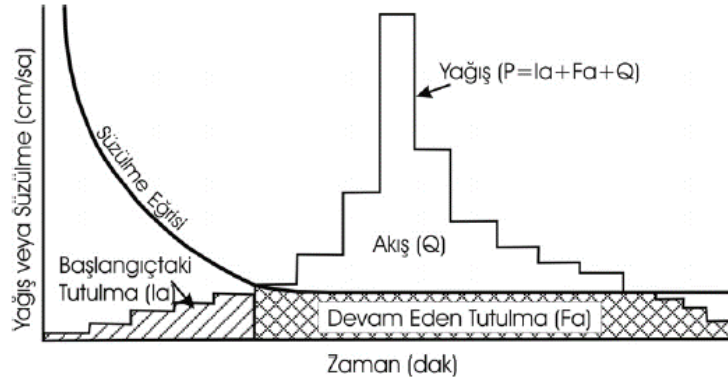
4. YÜZEYSEL AKIŞ MİKTARININ BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER VE HESAP BİLEŞENLERİ

Yağmursuyu yönetimine ilişkin yapılan tasarımlarda, özellikle yağmur suyu drenaj kanallarının boyutlandırılması ve projelendirilmesi aşamasında, yağmurun ardından akışa geçecek yüzeysel akış miktarının hesaplanması gerekmektedir. Yerleşmelerde meydana gelebilecek toplam ve maksimum yüzeysel akış miktarları gerçek zamanlı ölçümlerle hesaplanabildiği gibi geliştirilen çeşitli formül ve yöntemler yardımı ile de tahmin edilebilmektedir. Burada önemli olan, seçilen hesaplama yöntemin hem yerleşme özelliklerine hem de yapılacak çalışmanın amaç ve kapsamına uygun olmasıdır (Cahill, 1939). Yüzeysel akış miktarının belirlenmesinde kullanılan çeşitli yöntemlerden bazıları ve bu yöntemlere ait hesap bileşenleri aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

4.1 SCS Eğri Numarası Yöntemi (SCS-CN)

ABD Toprak Koruma Kurumu (Soil Conservation Service (SCS)) tarafından Eğri Numarası (Curve Number (CN)) adıyla geliştirilen SCS Eğri Numarası (SCS-CN) Yöntemi, yağış-akış-kayıp ilişkilerinin analizinde kullanılmaktadır. Küçük ölçekli havzalarda kullanılması tavsiye edilen bu yöntem ile yeraltı suyu beslenim tahminleri yapılabildiği gibi yüzeysel akışa geçen su miktarı da hesaplanabilmektedir.

Yüzeysel akış oluşmadan önce bir miktar su toprak ve bitkiler tarafından tutulur. Burada toprak ne kadar kuru ise, yüzeysel akış oluşmadan önceki tutulma da o kadar fazla olur. Dolayısıyla toprağın yağış başladığı andaki nemi, süzülme ve yüzeysel akış mekanizmasında son derece önemlidir. Yağışla birlikte toprağın nemi arttıkça süzülme hızı azalır ve en sonunda sabit bir değere ulaşır. Bu değer, toprağın en düşük süzülme kapasitesidir (Apaydın, 2007). Süzülme, tutulma ve yağış fazlası olarak yüzeysel akışa geçen yağmur suyunun ilişkisini gösteren grafik Şekil 4.1’de görülmektedir.



Şekil 4.1 : Süzülme, tutulma ve yüzeysel akışa geçen yağış fazlası arasındaki ilişkisi (Chow ve diğ.,1988; Apaydın, 2004).

SCS Eğri Numarası Yöntemi için kullanılan formül aşağıdaki gibidir.

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{\{(P - I_a) + S\}} \quad (4.1)$$

Q: yüzeysel akış miktarı, mm

P: yağış yüksekliği, mm

I_a: başlangıç kayıpları, mm

S: toprak tarafından tutulabilecek maksimum su, mm

Yukarıda verilen denklemde I_a değeri yüzeysel akışın başlamasından önceki kayıpların tümü olup, bitki dalları ve yapraklarında tutulan, gölcüklerde depolanan, toprak yüzeyinden doğrudan buharlaşan ve toprağa süzülen suyun toplamını ifade etmektedir (Apaydın, 2007). I_a değeri birçok parametreye bağlıdır ve küçük havzalarda yapılan çalışmalar için I_a=0,2S eşitliği önerilmiştir (Mishra ve Singh, 2003). Bu durumda denklem 4.2’de verilen eşitlik şu şekilde yazılabilmektedir;

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)} \quad (4.2)$$

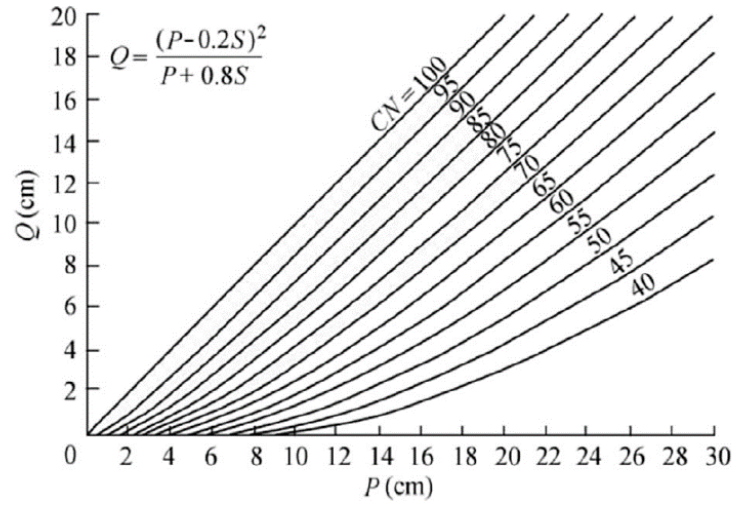
Toprak tarafından tutulabilecek maksimum su olan S değeri ise eğri numarasına bağlı olup aşağıdaki formül ile elde edilmektedir.

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \text{ (inç)} \quad \text{veya;} \quad (4.3)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \text{ (mm)} \quad (4.4)$$

CN: Eğri numarası (curve number)

Denklem 4.2 ve 4.4'ün grafik olarak gösterimi Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

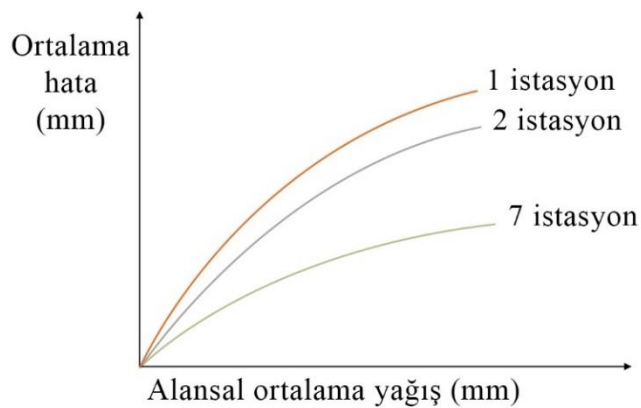


Şekil 4.2 : Denklem 4.2 ve denklem 4.3'ün grafik hale getirilerek yüzeysel akış miktarının belirlenmesi (Chin, 2018).

Yağış verilerine ve eğri numarası gibi havzaya ait katsayılara bağlı olarak geliştirilen SCS eğri numarası yöntemine ait hesap bileşenleri aşağıda açıklanmaktadır.

4.1.1 Yağış yüksekliği (P)

Yağış yüksekliği, toprak yüzeyine düşen suyun, buharlaşmadan veya toprağa sızmadan, belli bir alanda meydana getireceği yükseklik olarak ifade edilmektedir. Plüviyometre adı verilen cihazlar yardımıyla, yeryüzüne düşen yağışlar buharlaşma ve sızma gibi kayıplara uğramadan ölçülebilmekte ve bu miktar mm veya cm cinsinden ifade edilmektedir. Bu ölçümlerde ortalama yağış yüksekliği arttıkça hata oranı da artacağından bölgedeki istasyon adedini arttırarak hata oranı azaltılabilmektedir (N.Usul, 2008). İstasyon sayısının artması ile hata oranındaki azalmayı gösteren grafik Şekil 4.3'te görülmektedir.



Şekil 4.3 : Yağış ölçüm hatasının istasyon sayısı ile değişimi, Usul (2008)'den uyarlanmıştır.

Çeşitli yöntemlerle ölçülebilen ve hesaplanan yağış verileri, yağış-akış tahmini, taşkın frekansı analizi ve hidrolik yapıların tasarımı gibi çeşitli yağmursuyu yönetimi uygulamalarında kullanılmaktadır (Adhikary ve diğerleri, 2015).

4.1.2 Eğri numarası (CN)

Eğri numarası, havzadaki hidrolojik toprak grubu, arazi örtüsü ve arazinin kullanımı, hidrolojik koşullar ve toprağın nem koşullarına bağlı olarak 0-100 arasında değişen bir değerdir (Gribbin, 2014; Apaydın, 2007). Havzaya ait bir katsayı olan eğri numarası belirlenirken araziye ait söz konusu özelliklerin de bilinmesi gerekmektedir.

ABD Toprak Koruma Kurumu (SCS) , toprakları ‘süzülme’ durumuna göre A, B, C, D olmak üzere dört hidrolojik gruba ayırmıştır (Çizelge 4.1). Bu gruplamada; A grubu topraklar kum ve çakıl bileşimli yüksek süzülme kapasitesine sahip toprakları, D grubu topraklar ise kil bileşimli düşük süzülme kapasitesine sahip toprakları temsil etmektedir.

Çizelge 4.1 : Hidrolojik toprak grupları ve özellikleri, Seybert, (2006)’dan uyarlanmıştır (USDA-SCS, 1986).

Toprak Grubu	Toprak Özelliği	Minimum Sızma Hızı
A	Yüksek sızma oranı (düşük yüzeysel akış potansiyeli); iyi derecede drene edilmiş derin kum veya çakıl, derin lős, topaklanmış silt	0.30’dan büyük
B	Toprak tamamen ıslandığında ortalama sızma oranı; orta derecede drene edilmiş orta derinlikte sıg lős, kumlu lem	0.15 – 0.30
C	Toprak tamamen ıslandığında düşük sızma oranı; aşağıya doğru su hareketini engelleyen tabakaya sahip topraklar, killi lem, sıg kumlu lem, organik maddesi az toprak, genelde kili bol toprak	0.05 – 0.15
D	Toprak tamamen ıslandığında çok düşük sızma oranı (yüksek yüzeysel akış potansiyeli); şişme potansiyeli yüksek killi toprak, ağır plastik kil, bazı tuzlu topraklar	0 – 0.05

SCS Eğri Numarası yönteminde, eğri numarası belirlenirken hidrolojik toprak gruplarının yanı sıra arazideki ekili bitki özellikleri (işlenmiş arazi-nadas vs.), zeminin geçirim oranı (sert zemin-yeşil zemin vs.) gibi ölçütler de önem taşımaktadır. Çünkü arazi örtüsü ve kullanım durumu süzülmeyi dolayısıyla da yüzeysel akışı doğrudan etkilemektedir. Sert zemin ve çıplak alanlarda suyun toprağa süzülme oranı az

yüzeysel akış miktarı fazla olduğundan eğri numarası büyük bir değer olmaktadır. Sık ağaçlarla kaplı alanlarda ise, özellikle yapraklarda tutulan yağmur suyu nedeniyle yüzeysel akışa geçen su miktarı, aynı bölgede ağaçsız veya seyrek ağaçlarla kaplı alanlara göre daha az olacağından eğri numarası da daha küçük olmaktadır. Benzer şekilde, aynı toprak özellikleri ve hidrolojik koşullarda, teraslanmış arazilerde suyun süzülme oranı teraslanmamış araziye göre daha fazla olup yüzeysel akış miktarı azalacağından eğri numarası daha küçük olmaktadır (Apaydın, 2007). Soil Conservation Service (SCS) tarafından bazı arazi kullanımları için hidrolojik toprak grubuna bağlı olarak hazırlanan eğri numaraları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Bazı tarım, yarı kentleşmiş veya kentleşmiş arazi kullanımına sahip alanların eğri numaraları, Usul (2008)’den uyarlanmıştır (USDA-SCS, 1972).

Arazi Kullanım Tarifi	Hidrolojik Toprak Grubu			
	A	B	C	D
İşlenmiş Arazi: Koruma muamelesi yapılmamış	72	81	88	91
Koruma muamelesi yapılmamış	62	71	78	81
Otlak: Kötü Durumda	68	79	86	89
İyi durumda	39	61	74	80
Mera: İyi durumda	30	58	71	78
Baltalık ve orman: Seyrek bitki, zayıf örtü	45	66	77	83
Mulchsız iyi örtü	25	55	70	77
Açıklık alanlar, kırlar, parklar, mezarlıklar, vb.				
İyi durumda, alanın %75’inden fazlası otla kaplı	39	61	74	80
Orta durumda, alanın %50 - %75 arası otla kaplı	49	69	79	84
Ticaret ve iş alanları (%85 geçirimsiz)	89	92	94	95
Endüstriyel bölge (%72 geçirimsiz)	81	88	91	93
Yerleşim birimleri				
Ort. arazi büyüklüğü	Ort. % geçirimsizliği			
≤0,5 dönüm	65	77	85	90
1 dönüm	38	61	75	83
1,34 dönüm	30	57	72	81
2 dönüm	25	54	70	80
4 dönüm	20	51	68	79
Kaplamalı otopark, çatılar, araba yolları	98	98	98	98
Sokaklar ve yollar:				
Kaplamalı ve yağmursuyu drenajlı	98	98	98	98
Çakıl	76	85	89	91
Toprak	72	82	87	89

Yağmur suyunun toprağa süzülme ve yüzeysel akış oluşturma potansiyelini etkileyen bir diğer unsur da toprağın yağış başladığındaki nem durumudur (Antecedent Moisture Condition (AMC)). SCS, yağış başladığı ilk anda toprağın durumunu kuru (AMC_I), normal (AMC_{II}) ve nemli (AMC_{III}) olarak üç farklı koşula ayırmış, arazi aynı olsa dahi bu üç farklı koşulda eğri numaralarının değişmesi gerektiğini vurgulamıştır. Topraktaki nem durumunun bu üç koşuldan hangisi olduğuna karar vermek için yağış başlamadan önceki son 5 günlük toplam yağış miktarının dikkate alınması gerekmektedir. Son 5 günlük toplam yağış miktarına göre kabul edilmesi gereken AMC değeri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 : SCS Eğri Numarası yöntemi için topraktaki nem durumunun belirlenmesi, Usul (2008)'den uyarlanmıştır (McCuen, 1998).

AMC Grup	Son 5 günlük toplam yağış (mm)	
	Durgun mevsim	Büyüme mevsimi
I	12,7'den küçük	35,6'dan küçük
II	12,7 – 27,9	35,6 – 53,3
III	27,9'dan büyük	53,3'den büyük

Çizelge 4.2'de verilen eğri numaraları, topraktaki nem durumunun normal olduğu (CN_{II}) koşulları yansıtmakta olup, toprağın kuru veya nemli olması durumunda CN_I ve CN_{III} değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Hawkins ve diğ., 1985).

Toprak kuru (AMC_I) ise;

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2,281 - 0,01281 \cdot CN_{II}} \quad (4.5)$$

Toprak nemli (AMC_{III}) ise;

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0,427 - 0,00573 \cdot CN_{II}} \quad (4.6)$$

Farklı arazi kullanımlarına sahip havzalarda, farklı yüzey türlerinin yüzdesine bağlı olarak ortalama eğri numarası aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$CN_{ort} = \frac{\sum_i^n A_i \cdot CN_i}{\sum_i^n A_i} \quad (4.7)$$

CN_{ort}: Ortalama eğri numarası

CN_i: Farklı her bir yüzeyin kendine özgü eğri numarası

A_i: Farklı yüzey özelliklerine sahip alan büyüklüğü

n: Farklı yüzey özelliklerine sahip alan sayısı

4.2 Rasyonel Yöntem

1889 yılında Emil Kuichling tarafından yağış şiddetine bağlı olarak geliştirilen Rasyonel Yöntem, yüzeysel akış debisinin tahminlerinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, yağışın tüm araziye homojen dağıldığı varsayıldığı için genellikle 25 km²'den küçük alanlar için doğru sonuçlar vermektedir. (Gülbahar, 2016; Craig Martell, 2005). Yöntemin uygulanabilmesi için kullanılan temel denklem aşağıda verilmiştir:

$$Q = \frac{c.i.a}{360} \quad (4.8)$$

Q: yüzeysel akış miktarı, m³/sn

c: yüzeysel akış katsayısı

i: yağış şiddeti, mm/saat

a: havza alanı, ha

Yağış şiddetine ve arazinin özelliklerine bağlı olarak geliştirilen rasyonel yöntemle ait hesap bileşenleri aşağıda açıklanmaktadır.

4.2.1 Yağış şiddeti (i)

Yağış şiddeti, birim zamanda düşen ortalama yağış miktarı veya yüksekliği olarak ifade edilmektedir. Δt zaman aralığında düşen ortalama yağış yüksekliği ΔP olmak üzere yağış şiddeti (i) aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır (Yağmursuyu Toplama, Depolama Ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik, 2017);

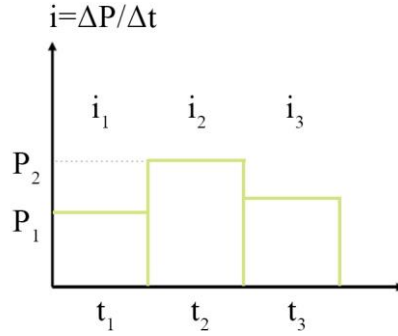
$$i = \frac{\Delta P}{\Delta t} \quad (4.9)$$

i: Yağış şiddeti, mm/dk

ΔP: Yağış yüksekliği, mm

Δt: Zaman aralığı, dk

Yağış şiddetinin zamanla değişimini periyodik küçük zaman dilimleri içerisinde yağış yüksekliği olarak gösteren hiyetograf grafik Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4 : Yağış şiddetinin birim zamanda değişimini gösteren hiyetograf grafik.

4.2.1.1 Yağış şiddet – süre – tekerrür ilişkisi

Şiddet-süre-tekerrür eğrileri, gözlenmiş bir dizi yağış verisinin analizinden elde edilen yağış şiddeti, yağış süresi ve tekerrür aralığı arasındaki ilişkiyi ifade eder (Deger ve diğ., 2019). Özellikle yağmur suyu yönetimine ilişkin yapılacak çeşitli tasarımların hesaplamalarında uygun yağış şiddetinin seçilebilmesi için yağış şiddetinin, yağış süresi ve tekerrürü ile değişimin bilinmesi gerekmektedir. Bu veriler arasındaki ilişkinin genel yapısına bakıldığında i yağış şiddeti, $A(T)$ tekerrür aralığına bağlı fonksiyon, $B(t)$ ise yağış süresine bağlı fonksiyon olmak üzere çoğunlukla;

$$i = \frac{A(T)}{B(t)} \quad (4.10)$$

bağıntısıyla ifade edilmektedir. Bu bağıntıyı, Sherman 1931 yılında denklem 4.10'da, Bernard ise 1932 yılında denklem 4.11'de görülen ilişkiler şeklinde ifade etmiştir. Yağış şiddet-süre-tekerrür ilişkileri bakımından bilinen en eski denklemlerden olan bu iki bağıntı, günümüzde de sıklıkla kullanılmaktadır (Örgün, 2015).

$$i = \frac{K \cdot T^a}{(t+c)^b} \quad (4.11)$$

$$i = \frac{a \cdot T^b}{t^c} \quad (4.12)$$

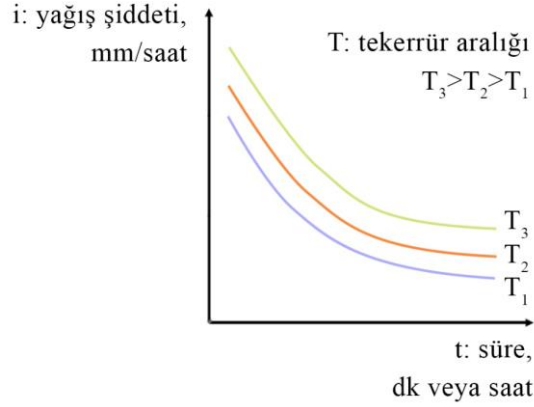
i : yağış şiddeti

t : yağış süresi

T : tekerrür aralığı

a, b, c, K : coğrafi koşullara göre değişen parametreler

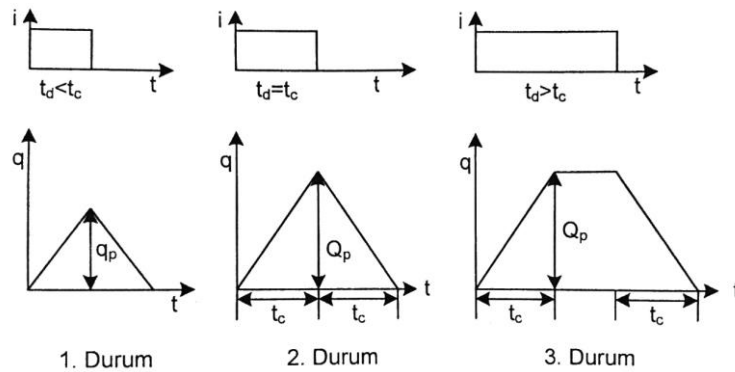
Yağış şiddet-süre-tekerrür ilişkilerinin grafik haline getirilebilmesi için; yıllık olarak standart zamanlardaki (5, 10, 15, 30 dk, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18 ve 24 saat) maksimum yağış değerleri tespit edilir ve 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık tekerrür aralıklarında olması muhtemel yağış miktarı hesaplanır (Url-c). Böylece yağış şiddetinin, yağış süresi ve tekerrür aralığına göre nasıl değiştiği, çizilen yağış şiddet-süre-tekerrür eğrilerinden okunabilir (Şekil 4.5). Genel olarak bakıldığında yağış şiddeti, yağışın süresi arttıkça azalırken tekerrür aralığı arttıkça artmaktadır.



Şekil 4.5 : Yağış şiddetinin, yağış süresi ve tekerrür aralığına göre nasıl değiştiğini gösteren grafik örneği.

Yağış süresi

Bir yağışın başlama anı ile sona erişti arasında geçen süreye yağış süresi (t_d) denir. Havzaya düşen yağışın, havzanın en uzak noktasından havza çıkışına ulaşması için geçen süreye, bir başka deyişle yüzeysel akışın drenaj sistemine ulaşması için gerekli zamana ise toplanma süresi (t_c) denir. Yağış süresi ve toplanma süresi arasındaki ilişki Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6 : Farklı yağış süreleri için maksimum yüzeysel akış miktarları (Usul, 2008).

Şekil 4.6’da verilen ilk durumda yağış süresi (t_d) toplanma süresinden (t_c) kısadır. Burada meydana gelen maksimum yüzeysel akış (q_p), bu alanda meydana gelebilecek

maksimum yüzeysel akıştan (Q_p) küçüktür. Maksimum yüzeysel akış miktarının meydana gelebilmesi için, 2. ve 3. durumda görüldüğü üzere, yağış süresinin toplanma süresine eşit veya toplanma süresinden büyük olması gerekir (Usul, 2008).

Özellikle yağmur suyu drenaj kanallarının boyutlandırılması ve projelendirilmesi aşamasında kullanılan rasyonel yöntemdeki yağış şiddetinin belirlenebilmesi için Çizelge 4.4'te belirtilen sürelerin kullanılması tavsiye edilmektedir (Demir, 2012).

Çizelge 4.4 : Yağmur suyu kanalına giriş için İSKİ proje standartları (Demir, 2012).

Arazi Türü	Toplanma Süresi
Dik eğimli kentsel alanlar	5 dakika
Normal kentsel alanlar	10 dakika
Düz kentsel alanlar	15 dakika

Tekerrür aralığı

Süresi ve şiddeti eşit olan yağmurların oluşum periyoduna yani kaç yılda bir oluştuğuna tekerrür aralığı denir (Karpuzcu, 1985). Aynı süre ve şiddete sahip yağmurun bir yıldaki yağış sayısı ise tekerrür sayısı olarak ifade edilir ve 'n' ile gösterilir (Yağmursuyu Toplama, Depolama Ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik, 2017).

$$n = \frac{1}{F} \quad (4.13)$$

n: Tekerrür sayısı

F: Tekerrür aralığı (yinelenme süresi)

Hesaplamalarda kullanılacak tekerrür sayısı ve aralığı, yerleşim merkezine veya arazinin alansal büyüklüğüne göre farklılık gösterebilir. Yerleşim merkezine göre tavsiye edilen değerler Çizelge 4.5'te, arazinin büyüklüğüne göre tavsiye edilen değerler Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 : Yerleşim merkezine göre hesaplamalarda kullanılması tavsiye edilen tekerrür sayıları (Sümer, 1992).

Yerleşim Merkezi	Tekerrür Sayısı (n)
Kır yerleşmeleri ve küçük kasabalarda	n: 2
Kasabalarda	n: 1 – 0,5
Şehirlerde	n: 0,5 – 0,2
Büyük şehir merkezlerinde	n: 0,2 – 0,05

Çizelge 4.6 : Arazinin büyüklüğüne göre hesaplamalarda kullanılması tavsiye edilen tekerrür aralığı (Efe, 2006).

Arazi Büyüklüğü	Tekerrür Aralığı
< 80 ha	3 yıl
80 – 100 ha	5 yıl
100 – 130 ha	10 yıl
130 – 240 ha	25 yıl
> 240 ha	100 yıl

4.2.2 Yüzeysel Akış Katsayısı

Yeryüzüne düşen yağışın, bir kısmı buharlaşma yoluyla atmosfere geri dönerken, bir kısmı da zemine sızarak yer altı su tabakasını besler. Zemine sızamayan ve buharlaşma yolu ile geri kazanılamayan bir miktar yağış ise yüzeysel akışa geçerek yağmur suyu drenaj sistemleri ile ortamdan uzaklaştırılır. Yüzeysel akışa geçebilme potansiyeli olan bu yağmur suyu miktarı yüzeysel akış katsayıları yardımıyla bulunur.

Yüzeysel akış katsayısı zeminin geçirim oranına bağlı olarak 0 ile 1 arasında değişen boyutsuz bir sayıdır. Tamamıyla geçirimsiz bir yüzeye düşen yağışın tümü yüzeysel akışa karışacağından, bu durumda yüzeysel akış katsayısı 1 olarak kabul edilir. Yüzeyin geçirim oranı arttıkça da bu değer 0'a yaklaşır. Örneğin, sızma hızı yüksek kumlu bir toprakta yağışın %90'ı yeraltına sızıp %10'u yüzeysel akışa karışıyorsa, bu durumda yüzey örtüsünün yüzeysel akış katsayısı 0,1 olarak kabul edilir. Çeşitli yüzeyler için kullanılabilecek yüzeysel akış katsayıları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 : Çeşitli yüzey örtü malzemeleri için yüzeysel akış katsayısı (Kuichling, 1889).

Yüzey Tipi	Yüzeysel akış katsayısı
Su Sızdırmaz Çatılar	0,70 – 0,95
Asfalt Yol	0,85 – 0,90
Portland Çimentosu	0,80 – 0,95
Taş Kaplama Yürüyüş Yolu	0,75 – 0,85
Çakıl Yürüyüş Yolu	0,15 – 0,30
%2 eğim	0,05 – 0,10
Çayır, Kumlu Toprak	%2-7 eğim
	>%7 eğim
	0,15 – 0,20
	%2 eğim
	0,13 – 0,17
Çayır, Ağır Toprak	%2-7 eğim
	>%7 eğim
	0,18 – 0,22
	0,25 – 0,35

Farklı arazi kullanım oranlarına sahip havzalarda, farklı yüzey türlerinin yüzdesine bağlı olarak ortalama akış katsayısı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$C_{ort} = \frac{\sum_i^n A_i \cdot c_i}{\sum_i^n A_i} \quad (4.14)$$

C_{ort} : Ortalama yüzeysel akış katsayısı

c_i : Farklı her bir yüzeyin kendine özgü yüzeysel akış katsayısı

A_i : Farklı yüzey özelliklerine sahip alan büyüklüğü

Farklı yüzey özelliklerine sahip çeşitli alan tipleri için hazırlanmış yüzeysel akış katsayıları Çizelge 4.8’de görülmektedir.

Çizelge 4.8 : Çeşitli alanlar için yüzeysel akış katsayısı (Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik, 2017).

Alan Tipi	Yüzeysel akış katsayısı
Endüstriyel Alanlar	Ağır sanayi alanları
	Hafif sanayi alanları
Ticari Alanlar	Şehir merkezleri
	Tali merkezler
İkamet Alanları	Tek katlı konut alanları
	Çok katlı ayrıık nizam konut alanları
	Çok katlı bitişik nizam konut alanları
Çok Katlı Apartman Alanları	
Mücvir Alanlar	
Parklar	
Oyun Alanları	
Gelişmemiş Alanlar	

Yüzeysel akış katsayısı zeminin geçirimsizliğine bağlı olmakla birlikte;

- yağışın düştüğü zemindeki yüzey kaplama cinsine,
- toprak cinsi ve özelliğine,
- bitki örtüsüne,
- yüzeyin eğimine,
- yağmurun süre ve şiddetine,
- iklim, havanın sıcaklığı ve nemi gibi meteorolojik şartlara bağlıdır (Sümer, 1992).

Bu nedenle farklı yüzey örtülerine göre belirlenmiş yüzeysel akış katsayılarının yanı sıra toprak cinsi, eğim, tekerrür aralığı gibi değişkenlere bağlı olarak değişen yüzeysel akış katsayısı tablolarına da ulaşmak mümkündür (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9 : Hidrolojik toprak grubu, yüzey eğimi ve tekerrür aralığına bağlı olarak verilen yüzey akış katsayıları, Seybert, (2006)'dan uyarlanmıştır (Rawls ve diğ. (1981).

Arazi Kullanımı	Hidrolojik Toprak Grubu, Yüzey Eğimi ve Tekerrür Aralığına Bağlı Yüzey Akış Katsayıları											
	A			B			C			D		
	% 0-2	% 2-6	% 6+	% 0-2	% 2-6	% 6+	% 0-2	% 2-6	% 6+	% 0-2	% 2-6	% 6+
Ormanlık Arazi	0.05 ^a	0.08	0.11	0.08	0.11	0.14	0.10	0.13	0.16	0.12	0.16	0.20
	0.08 ^b	0.11	0.14	0.10	0.14	0.18	0.12	0.16	0.20	0.15	0.20	0.25
Açık Alan	0.05	0.10	0.14	0.08	0.13	0.19	0.12	0.17	0.24	0.16	0.21	0.28
	0.11	0.16	0.20	0.14	0.19	0.26	0.18	0.23	0.32	0.22	0.27	0.39
Ekilmiş Arazi	0.08	0.13	0.16	0.11	0.15	0.21	0.14	0.19	0.26	0.18	0.23	0.31
	0.14	0.18	0.22	0.16	0.21	0.28	0.20	0.25	0.34	0.24	0.29	0.41
Çayır	0.10	0.16	0.25	0.14	0.22	0.30	0.20	0.28	0.36	0.24	0.30	0.40
	0.14	0.22	0.30	0.20	0.28	0.37	0.26	0.35	0.44	0.30	0.40	0.50
Mera	0.12	0.20	0.30	0.18	0.28	0.37	0.24	0.34	0.44	0.30	0.40	0.50
	0.15	0.25	0.37	0.23	0.34	0.45	0.30	0.42	0.52	0.37	0.50	0.62
İkamet alanları (1/2 dönüm)	0.25	0.28	0.31	0.27	0.30	0.35	0.30	0.33	0.38	0.33	0.36	0.42
	0.33	0.37	0.40	0.35	0.39	0.44	0.38	0.42	0.49	0.41	0.45	0.54
Endüstriyel Alanlar	0.67	0.68	0.68	0.68	0.68	0.69	0.68	0.69	0.69	0.69	0.69	0.70
	0.85	0.85	0.86	0.85	0.86	0.86	0.86	0.86	0.87	0.86	0.86	0.88
Caddeler	0.70	0.71	0.72	0.71	0.72	0.74	0.72	0.73	0.76	0.73	0.75	0.78
	0.76	0.77	0.79	0.80	0.82	0.84	0.84	0.85	0.89	0.89	0.91	0.95
Ticari Alanlar	0.71	0.71	0.72	0.71	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
	0.88	0.88	0.79	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.90	0.89	0.89	0.90
Otoparklar	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87
	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97

^a 25 yıldan az tekerrür aralığı için

^b 25 yıl ve 25 yıldan fazla tekerrür aralığı için

4.2.3 Havza Alanı

Rasyonel yöntem ile yüzeysel akış miktarı hesaplanırken araziye düşen yağışın homojen ve eşit olduğu varsayılmaktadır. Bu durum küçük alanlar için makul bir varsayım olsa da büyük alanlar için böyle bir varsayımda bulunmak hatalara yol açabilir. Bu nedenle Rasyonel Yöntem ile yüzeysel akış miktarı hesaplanacak olan alanın 25 km²'den küçük olması gerekir (Gülbahar, 2016; Craig Martell, 2005).

Arazinin büyüklüğünün yanı sıra alanın eğimi, bitki örtüsü, arazi kullanımı gibi karakteristik özellikleri de önem taşımaktadır. Alandaki bu çeşitlilik, rasyonel yöntemin değişkenlerinden biri olan yüzeysel akış katsayısını farklılaştırmaktadır.



5. SU KORUNUMU AÇISINDAN YERLEŞME TASARIMINDA YÜZEYSEL AKIŞ MİKTARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışma kapsamında, yerleşme tasarımına ilişkin çeşitli değişkenlerin yüzeysel akış miktarına etkisi değerlendirilecektir. Nüfus yoğunluğu aynı olacak şekilde kurgulanan 9 farklı yerleşmede farklı bina yoğunluğu ve arazi kullanımlarının yanı sıra aynı yerleşme tasarımına sahip farklı malzeme alternatiflerinin de yüzeysel akış miktarını ne derece etkilediği hesaplanacaktır. Çalışma için, sürekli artan nüfus sebebiyle uzun yıllardır su stresi yaşayan İstanbul ili seçilmiştir. Ayrıca geçirimsiz yüzey oranı yüksek kentsel alanlarda suyun zemine sızmadan yüzeysel akışa geçmesi su döngüsüne zarar verdiğinden, seçilen alanın İstanbul gibi kentleşme oranı yüksek bir bölge olması da alanın belirlenmesinde etkili olmuştur.

Çalışmanın ilk aşamasında, kurgulanacak yerleşmelerin konumu, topoğrafik özellikleri, drenaj bilgisi, bina ve bina gruplarına ilişkin boyutları belirlenmiştir. Belirlenen tüm bu yapma çevre değişkenlerinin sonucu olarak arazi kullanım oranları farklı olan yerleşme kurguları oluşmuştur. Ayrıca yüzeysel akış miktarları değerlendirilecek bu yerleşmelerde çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alan olmak üzere çeşitli yüzeylerin bulunduğu varsayılmıştır. Böylece; yerleşmedeki farklı kullanım alanlarına ve bu alanların oranlarına bağlı olarak her yerleşmede oluşabilecek yüzeysel akış miktarı da değişecektir.

Bir sonraki aşamada, çalışma kapsamında kullanılan hesaplama ile ilişkili değişkenler belirlenmiştir. Hesaplama yöntemi seçilirken çalışmanın gereksinimleri dikkate alınmış ve bu nedenle küçük kent havzalarındaki yüzeysel akış miktarı hesaplamalarında sıklıkla tercih edilen Rasyonel Yöntem seçilmiştir. Bu yöntemin uygulanabilmesi için öncelikle kurgulanacak yerleşmelerin İstanbul ilinin Sarıyer ilçesinde bulunduğu kabul edilerek ilgili alana ait iklim verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bu veriler kullanılarak yağış şiddet – süre – tekrür bağıntıları çizilmiş ve yüzeysel akış miktarı hesaplamaları için uygun kabuller belirlenerek hesaplamalarda kullanılacak iklim verileri elde edilmiştir. Sonrasında, kurgulanan yerleşmelerin her birinde farklı oranda bulunan çatı, kaldırım, otopark,

taşıt yolu alanı ve yeşil alan için farklı malzeme alternatifleri dikkate alınarak çeşitli yüzeysel akış katsayıları belirlenmiş ve çok sayıda malzeme kombinasyonu oluşturulmuştur. Böylece yerleşmedeki farklı arazi kullanım oranlarının yanı sıra bu alanlardaki yüzey örtü malzemelerinin de yüzeysel akış miktarına etkisi incelenecektir.

Son aşamada ise, kurgulanan yerleşmelerdeki her bir malzeme kombinasyonu için yüzeysel akış miktarı hesaplanmıştır. Arazi kullanım oranı ve malzeme çeşitliliğine göre yüzeysel akış miktarları hesaplanan bu yerleşmeler hem kendi içinde hem de kendi aralarında karşılaştırılarak en iyi ve en kötü senaryolar belirlenmiştir. Böylece İstanbul için farklı senaryolar da göz önüne alınarak gerçekleştirilecek bu değerlendirme çalışmasının; gelecekte tasarımcılar tarafından verilecek yerleşme kararlarında yararlanılabilecek bir örnek teşkil etmesi planlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda yapılan değerlendirme çalışmasının adımları Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 : Çalışmaya ilişkin yöntemin adımları.

5.1 Yerleşmeye İlişkin Yapma Çevre Değişkenlerini Belirlenmesi

Yüzeysel akış miktarları hesaplanacak yerleşmeye ilişkin yapma çevre değişkenleri belirlenirken İstanbul'da sıkça görülen yerleşme dokuları incelenmiş, İstanbul imar planları, yönetmelikler, standartlar ve çeşitli araştırma verilerinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda yerleşmelerde oluşan yüzeysel akış miktarını etkileyen yapma çevre değişkenleri aşağıda açıklanmıştır.

5.1.1 Yerleşme yerinin ve topoğrafik özelliklerinin belirlenmesi

Ele alınan çalışma Türkiye'nin 41.181 enlem ve 29.038 boylam koordinatlarında ve denizden 19m yükseklikte bulunan İstanbul ilinin Sarıyer ilçesinde gerçekleştirilecektir. Çalışma kapsamında kurgulanan yerleşmelerin her biri eşit boyutlarda yaklaşık 80.000m²'lik düz bir alanın üzerine kurulmuştur. Ayrıca nüfus yoğunluğu eşit tutularak kurgulanan bu yerleşmelerde yağmur suyu drenaj sistemlerinin olmadığı varsayılmıştır. Böylece, zemine sızarak yeraltı su tabakasını besleyen yağmur suyunun haricinde yüzeysel akışa geçebilme potansiyeli olan su miktarı her bir yerleşme kurgusu için ayrı ayrı hesaplanmış olacaktır. Bu amaç doğrultusunda kurgulanan her bir yerleşmede çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alan olmak üzere çeşitli yüzeyler bulunacaktır. Bu yüzeylere ilişkin detaylar ve kabuller 5.2.3 bölümünde verilmiştir.

5.1.2 Yerleşmenin boyutlarına ilişkin değişkenlerin belirlenmesi

Çalışma kapsamında hesaplanacak olan yüzeysel akış miktarı; yerleşme tasarımına bağlı olarak farklılaşan çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alan boyutlarına göre değişkenlik göstermektedir (BASMAA, 1999; Kong ve diğ., 2017; Randalla ve diğ., 2019). Bu nedenle bu çalışmada, bina ve bina gruplarına ilişkin yapılan kabuller sonucu farklı arazi kullanım oranlarına sahip yerleşmelerin kurgulanması hedeflenmiştir. Yerleşmeye ilişkin boyutlar belirlenirken, İstanbul imar planları, yönetmelikler, standartlar ve çeşitli araştırma verilerinden yararlanılmıştır. Bu çalışma kapsamında kurgulanacak yerleşmenin boyutlarına ilişkin kabuller aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

5.1.2.1 Bina formu ve boyutlarının belirlenmesi

Bina formu ve boyutları belirlenirken Türkiye İstatistik Kurumu'nun yapmış olduğu çalışmalar göz önüne alınmıştır. 2011 Nüfus ve Konut Araştırması verilerine göre İstanbul ilinde hane halklarının; salon dahil olmak üzere %51,6'sı 3 odalı, %37,6'sı 4 odalı konutlarda ikamet etmektedir (TUIK, 2011). Ayrıca 2019 yılında Türkiye Mobilya Sanayicileri Derneği'nin Method Research Company'e yaptırdığı araştırmalar sonucunda mobilya tüketicisinin ortalama konut büyüklüğünün 115 m² olduğu görülmüştür (Url-d). Bu veriler doğrultusunda; yapılarda bulunması gereken hacimler ve minimum ölçüler de göz önüne alınarak, çekirdek dâhil olmak üzere, yerleşmedeki konutların her birinin 12'ye 12 metre olacak şekilde 144m²'lik birimler olması kararlaştırılmıştır. Her bir kat yüksekliği ise 3m olarak alınmıştır.

Kurgulanacak yerleşmede binaların her biri aynı konut birimlerinin bir araya gelmesiyle oluşturulacaktır. Aynı yerleşmede aynı kat sayısına sahip binaların bir araya getirilmesiyle de farklı uzunluklarda sıra bloklar oluşturulacaktır. Ayrıca farklı bina oturma alanına sahip yerleşmelerin de kurgulanması gerektiğinden, yerleşme tasarımına göre binaların kat sayısı farklılaşacaktır. Böylece her bir yerleşmede eşit sayıda konut birimi bulunmasına rağmen zeminde farklı bina oturma alanları oluşacaktır.

5.1.2.2 Bina gruplarına ilişkin boyutların belirlenmesi

Çalışma kapsamında kurgulanacak yerleşmelerin yol, kaldırım, otopark ve arka bahçe genişlikleri gibi bina gruplarına ilişkin boyutları belirlenirken çeşitli yönetmelik ve standartlar dikkate alınmıştır. Bina gruplarına ilişkin yapılan bu kabuller aşağıda açıklanmıştır.

Yol ve kaldırım genişlikleri

Yol ve kaldırım genişlikleri için TS 7249 Şehir İçi Yollar Boyutlandırma Ve Tasarım Esasları Standardı dikkate alınmıştır. Şehir bölge içi yolları için standartta minimum ve maksimum olarak verilen boyutlar Şekil 5.2'de görülmektedir. Bu sınır aralıkları göz önüne alındığında, kurgulanacak yerleşmede; yaya yolu genişliği 3m, taşıt yolu genişliği ise 8m olarak kabul edilmiştir.

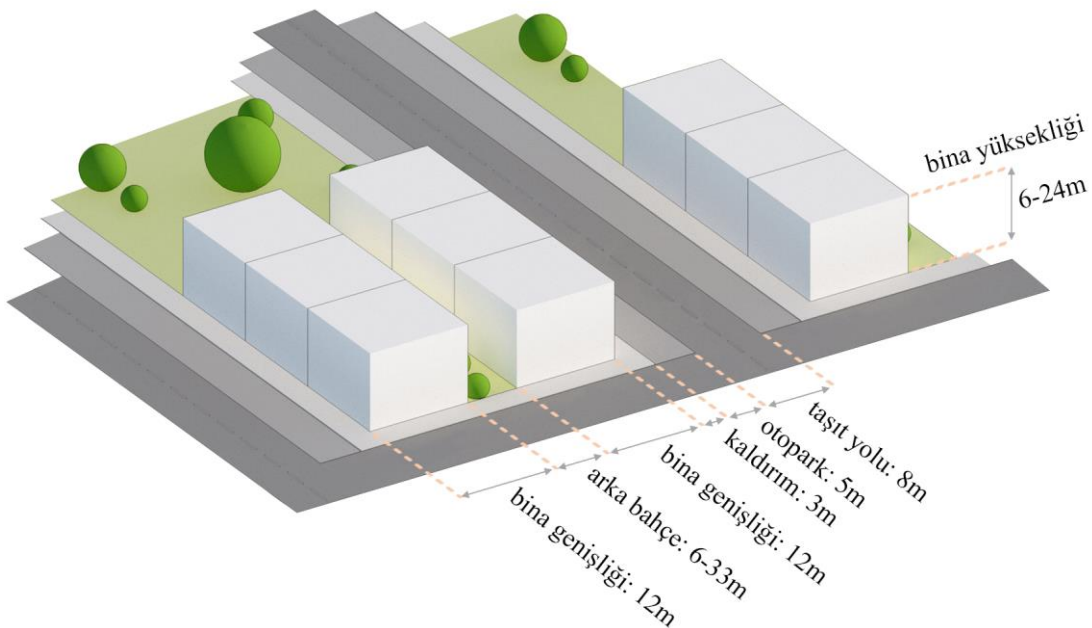
Arka bahçe genişlikleri

Arka bahçe genişlikleri için İstanbul İmar Yönetmeliği dikkate alınmıştır (IBB, 2018). Bahçe mesafeleri ile ilgili yönetmelikte minimum olarak verilen boyutlar Çizelge 5.2’de görülmektedir. Bu değerler göz önüne alındığında, kurgulanacak yerleşmede; her bir bina için arka bahçe genişliği 3m kabul edilerek, iki bina arası bahçe mesafesinin minimum 6m olacağı kabul edilmiştir.

Çizelge 5.2 : Uygulama imar planında, aksine bir hüküm bulunmadığı durumlarda her bir bina için olması gereken bahçe mesafeleri (IBB, 2018).

Bahçe konumu	Bahçe mesafesi
Yan bahçe mesafesi	en az 3m (5 katın üzerindeki her kat için 0.50 metre artırılır)
Arka bahçe mesafesi	en az 3m (5 katın üzerindeki her kat için 0.50 metre artırılır)

Bu çalışma kapsamında kurgulanacak yerleşmelere ilişkin boyutlar, yukarıda açıklanan çeşitli standart ve yönetmeliklerden yararlanılarak belirlenmiştir. Yerleşme kurgularının oluşturulması aşamasında gerekli olan bu kabullerin özet bilgisi Şekil 5.4 ve Çizelge 5.3’te yer almaktadır.



Şekil 5.4 : Kurgulanacak yerleşmeye ilişkin kabul edilen boyutlar.

Çizelge 5.3 : Kurgulanacak yerleşmeye ilişkin kabul edilen boyutlar.

	Yerleşmeye ilişkin girdiler	Boyutlar
Değişken girdiler	Bina yüksekliği	6m – 24m
	Arka bahçe (2 bina için)	6m – 33m
Sabit girdiler	Bina genişliği	12m
	Kaldırım genişliği	3m
	Otopark genişliği	5m
	Taşıt yolu genişliği	8m

5.1.3 Arazi kullanım oranları farklı olan yerleşme kurgularının oluşturulması

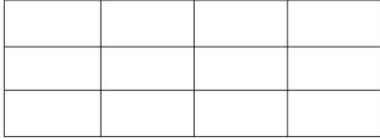
Yüzeysel akış miktarını etkileyen yapma çevre değişkenlerine ilişkin kabullerin de belirlenmesi ile çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alan olmak üzere çeşitli yüzeylerin bulunduğu yerleşme kurguları oluşturulmuştur.

Nüfus yoğunluğu eşit olacak şekilde yaklaşık 80.000m²'lik düz bir arazi üzerinde kurgulanan yerleşmelerde, ada sayısı ve sıra blok uzunluğu değiştirilerek her bir yerleşme için farklı arazi kullanım oranı oluşturmak hedeflenmiştir.

Öncelikle yerleşme alanı taşıt yolları ile eşit parçalara bölünerek; 12, 8 ve 6 adalı seçenekler oluşturulmuştur. Böylece üç farklı ada sayısına sahip olan yerleşmelerde üç farklı oranda taşıt yolu, otopark ve kaldırım alanı oluşmuştur. Bir sonraki aşamada adalarda bulunan sıra blokların uzunlukları; yatayda 2, 3 ve 4 konut birimi bulunacak şekilde farklılaştırılıp kat sayıları değiştirilerek, ada içerisinde farklı oranlarda bina oturma alanı ve yeşil alan oluşması sağlanmıştır. Ada içerisindeki bina yerleşimleri belirlenirken; 144m²'lik konut birimlerinden oluşan 2'li, 3'lü ve 4'lü sıra bloklarının her biri sırt sırta gelecek şekilde, ön cephelerinde yol, arka cephelerinde ise bahçe mesafesi bırakılarak kurgulanmıştır. Ayrıca çalışmada sıra bloklarının yönlendiriliş durumu kuzey-güney doğrultusunda olacak şekilde ele alınmıştır. Sonuç olarak, 3 farklı ada sayısı ve 3 farklı sıra blok uzunluğu kombinasyonundan oluşan ve her birinde 384 konut birimi bulunan 9 farklı yerleşme kurgulanmıştır. Bu yerleşmeler isimlendirilirken; ada sayısı ve kaçlı sıra bloklarından oluştuğu dikkate alınmıştır. Örneğin; 12 ada bulunan yerleşme 2'li sıra blokları ile kurgulanmış ise '12A-2' şeklinde isimlendirilmiştir. Bu kurala göre isimlendirilen yerleşmeler Şekil 5.5'te yer alırken bu yerleşmelerde çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alan açısından oluşan farklı arazi kullanım oranları Şekil 5.6'da gösterilmiştir.

taşıt yolları
ile parçalan;

12 Adalı yerleşim



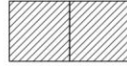
8 Adalı yerleşim



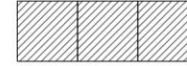
6 Adalı yerleşim



2'li sıra blok



3'lü sıra blok

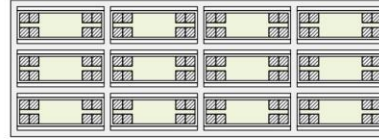


4'lü sıra blok



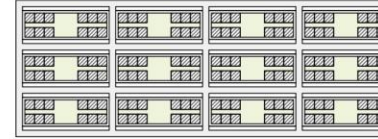
12A-2

96 birim x 4 katlı



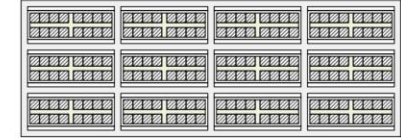
12A-3

144 birim x 2ve3 katlı



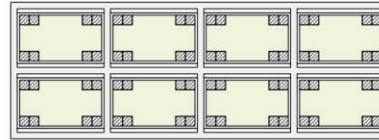
12A-4

192 birim x 2 katlı



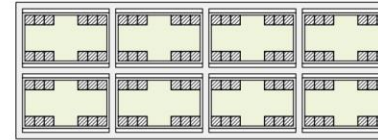
8A-2

64 birim x 6 katlı



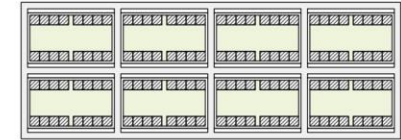
8A-3

96 birim x 4 katlı



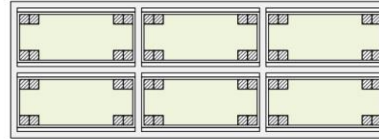
8A-4

128 birim x 3 katlı



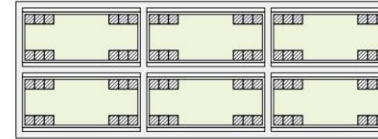
6A-2

48 birim x 8 katlı



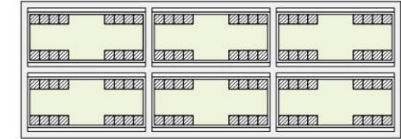
6A-3

72 birim x 5ve6 katlı

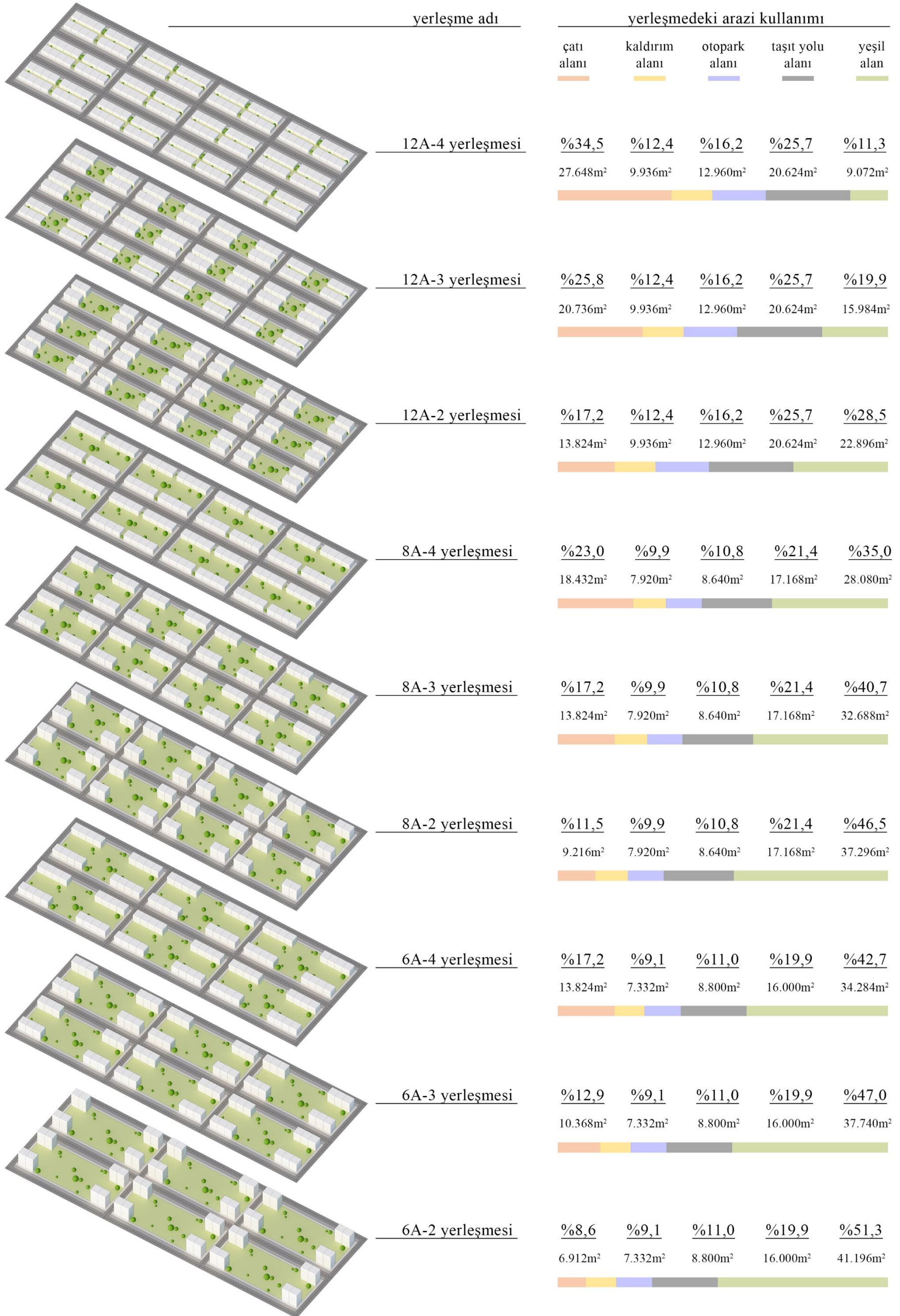


6A-4

96 birim x 4 katlı



Şekil 5.5 : Her birinde 384 adet konut birimi bulunan ve farklı arazi kullanım oranlarına sahip yerleşme kurguları ve isimleri (Yerleşmelerin üzerinde yazan birim sayıları zemindeki bina oturum alanını ifade etmektedir.)



Şekil 5.6 : Kurgulanan yerleşmelerde; çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alan açısından oluşan farklı arazi kullanım oranları.



5.2 Hesaplamaya İlişkin Değişkenlerin Belirlenmesi

Hesaplamaya ilişkin değişkenlerin belirlenmesi aşamasında öncelikle, çalışmanın amacı ve kapsamı göz önüne alınarak, arazi kullanım oranları farklı olacak şekilde oluşturulan yerleşme kurguları için yüzeysel akış miktarının hesaplanacağı en uygun hesaplama yöntemi seçilmelidir. Sonrasında ise hesaplama yönteminin uygulanabilmesi için gerekli olan dış ortama ait iklim verilerinin ve yerleşmedeki yüzeylere ait yüzeysel akış katsayılarının belirlenmesi gerekmektedir. Hesaplama adımına ilişkin bu değişkenler ve değişkenlere ilişkin yapılan kabuller aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

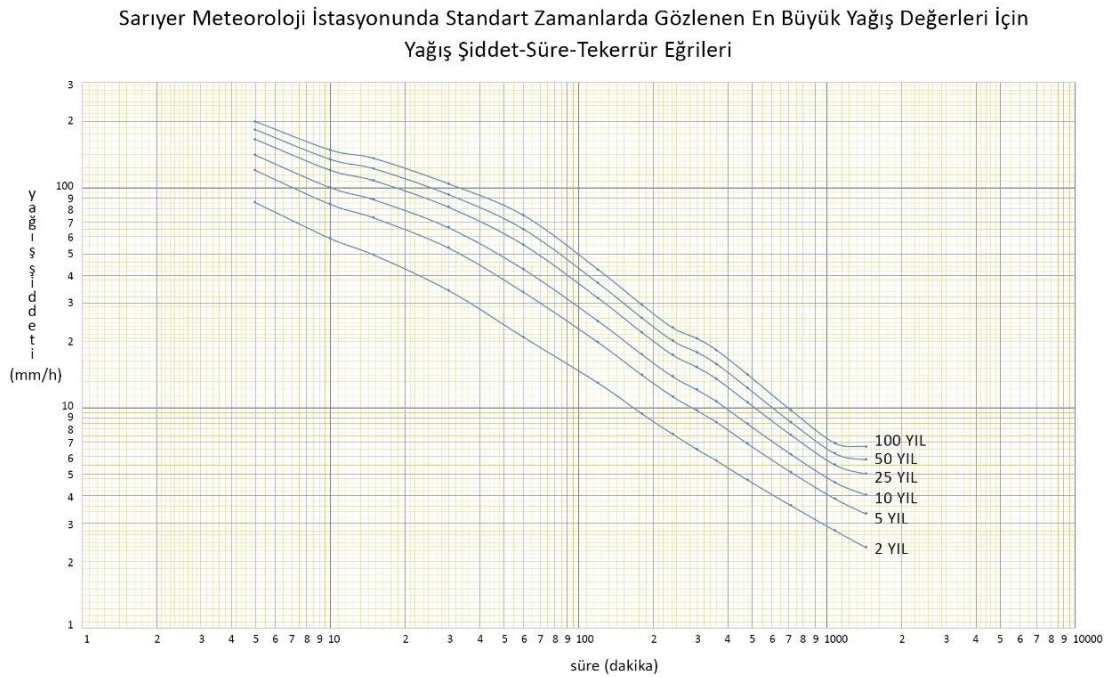
5.2.1 Hesaplama yönteminin belirlenmesi

Yüzeysel akış miktarının hesaplanması için kullanılan yöntemlerin tamamı, yağmurun ardından akışa geçen yüzey akış suyu miktarını tahmin etme hedefine yöneliktir. Bu nedenle, yerleşmelerdeki toplam ve maksimum yüzey akış suyu hesaplamalarında kullanılacak yöntemin belirlenmesinde, çalışmanın gereksinimleri ve kapsamı dikkate alınmalıdır (Cahill, 1939). Yağışın tüm araziye homojen düştüğü varsayıldığı için genellikle 25 km²'den küçük alanlar için kullanılan Rasyonel Yöntem; yerleşmelerde bulunan otoparklar, çatı alanları gibi nispeten küçük drenaj alanlarındaki yüzeysel akış miktarının tahmin edilmesinde diğer yöntemlere kıyasla daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Hua ve diğ., 2003; NJDEP, 2004; Martell, 2005; Pennington, 2012; Gülbahar, 2016; Wijesinghe ve Wijesekera, 2016). Bu çalışma kapsamında oluşturulan yerleşmelerin 80.000 m² yani 0.08 km²'lik bir yüzey alanına sahip olduğu düşünüldüğünde ele alınan alan için en uygun yüzeysel akış miktarı hesaplama yönteminin Kuichling'in geliştirdiği 'Rasyonel Yöntem' olduğu görülmektedir (Kuichling, 1889). Bu nedenle, bu çalışma kapsamında buharlaşma etkisi kapsam dışı bırakılarak 4.2 bölümünde detaylı olarak açıklanan Rasyonel Yöntem kullanılacaktır.

5.2.2 Dış ortama ait iklim verilerinin belirlenmesi

Bu çalışma kapsamında kurgulanan yerleşmelerin İstanbul ilinin Sarıyer ilçesinde bulunduğu varsayılarak, yüzeysel akış miktarlarının hesaplanması aşamasında kullanılacak olan yağış değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne bağlı olan Hidro Meteoroloji Şube Müdürlüğü tarafından hazırlanan 'Sarıyer Meteoroloji İstasyonu'nda Standart Zamanlarda Gözlenen En Büyük Yağış Değerleri' tablosundan

alınmıştır. 1955-2020 yılları arasında Sarıyer Meteoroloji İstasyonu'nda 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık tekerrür aralıkları ve standart zamanlar (5, 10, 15, 30 dk, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18 ve 24 saat) için ölçülen maksimum yağış değerleri bu tablodan okunarak, yüzeysel akış miktarı hesaplamaları için gerekli olan yağış şiddeti hesaplanmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılacak hesaplamalarda seçilecek yağış şiddeti olarak; büyük şehir merkezleri için tavsiye edilen tekerrür aralığı 5 yıl, düz kentsel alanlar için tavsiye edilen yağış süresi 15 dakika olduğu için 5 yıl tekerrürlü 15 dakikalık yağışlar esas alınmıştır. Çift eksenli logaritmik kâğıda çizilen bu yağış şiddeti verileri Şekil 5.7'de yer almaktadır.



Şekil 5.7 : Sarıyer Meteoroloji İstasyonu yağış şiddet-süre-tekerrür eğrileri.

Yağış şiddeti verilerinin elde edilmesi aşamasında kullanılan standart zamanlarda gözlenen en büyük yağış değerlerinin olduğu detaylı tablo EK A'da yer almakla beraber, özet tablo Çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.4 : Sarıyer Meteoroloji İstasyonu’nda standart zamanlarda gözlenen en büyük yağış değerleri (mm).

	DAKİKA				SAAT									
	5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
N	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
Y-ORT	7,56	10,55	13,53	19,02	24,22	29,41	31,74	33,95	36,58	38,90	42,02	47,16	53,67	61,77
Y-EB	19,40	25,90	33,70	51,60	62,20	83,20	86,20	86,30	86,30	87,10	87,30	98,10	104,40	138,30
Std.S	3,11	4,57	6,32	9,94	13,63	15,23	15,63	16,10	17,83	18,71	19,13	19,63	21,24	26,31
Car.K	1,03	0,93	0,91	0,85	1,06	1,21	1,15	1,02	0,96	0,85	0,87	0,80	0,69	1,00
UDF	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3
2 YIL	7,1	9,8	12,4	17,1	21,0	25,9	28,2	30,4	32,4	34,5	37,6	43,1	49,8	55,6
5 YIL	10,0	14,0	18,2	26,6	33,5	39,6	42,3	44,9	48,5	51,6	54,9	61,0	69,4	79,1
10 YIL	11,7	16,7	22,1	32,9	42,7	49,6	52,4	55,4	60,4	64,1	67,6	73,6	82,5	96,3
25 YIL	13,8	20,0	26,9	40,8	55,1	63,0	66,0	69,5	76,5	81,2	84,8	90,2	99,2	120,1
50 YIL	15,3	22,4	30,5	46,5	64,8	73,6	76,8	80,5	89,4	94,9	98,5	103,0	111,6	139,4
100 YIL	16,6	24,7	33,9	52,0	74,9	84,7	88,0	92,1	103,1	109,3	113,0	116,4	124,0	159,9
200 YIL	17,9	27,0	37,4	57,4	85,4	96,4	99,8	104,3	117,6	124,7	128,5	130,2	136,7	182,0
500 YIL	19,4	29,4	41,2	63,5	97,5	109,7	113,2	118,0	134,2	142,2	146,0	145,7	150,6	207,1
PLF	0,11	0,16	0,22	0,33	0,45	0,52	0,54	0,57	0,63	0,67	0,70	0,74	0,81	1,00
PLV	0,13	0,19	0,24	0,33	0,42	0,50	0,54	0,57	0,61	0,64	0,69	0,78	0,88	1,00

5.2.3 Yerleşmedeki farklı yüzeyler için yüzeysel akış katsayılarının belirlenmesi

Kurgulanacak yerleşmelerde oluşabilecek maksimum yüzeysel akış miktarlarının hesaplanması aşamasında gerekli olan ve 4.2.2 bölümünde detaylı olarak açıklanan yüzeysel akış katsayıları, yerleşmelerdeki çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alan için ayrı ayrı ele alınmıştır.

Yeşil alanlardaki farklı yüzey örtüleri için tanımlanan yüzeysel akış katsayıları birbirine oldukça yakın olduğundan yeşil alan için tek bir katsayı alınmıştır. Çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanları için ise birbirinden farklı yüzeysel akış katsayısına sahip çok çeşitli malzeme alternatifi olduğundan alana uygun olabilecek malzemeler göz önüne alınmış ve bu doğrultuda farklı yüzeysel akış katsayıları belirlenmiştir.

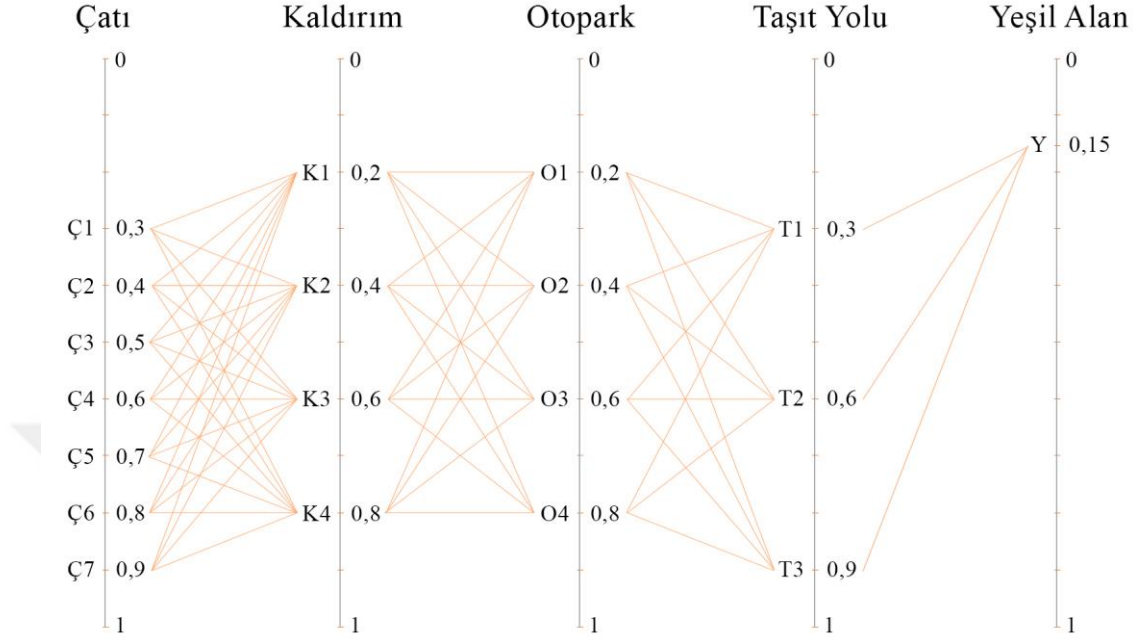
Alanın eğimli veya düz olması durumu da yüzeysel akışa geçebilecek su miktarını etkilemektedir. Çatı örtüsü de eğimli veya düz olabileceğinden çatı alanı için daha fazla yüzeysel akış katsayısı alternatifi varken, yerleşmeler düz bir arazi üzerine kurgulandığından otopark, kaldırım ve taşıt yolu alanları için bu değerler sınırlandırılmıştır. Ayrıca çatı alanı için yüzeysel akış katsayıları belirlenirken TS EN 16491-1 Yerinde İçilebilir Olmayan Su Sistemleri - Bölüm 1: Yağmur Suyu Kullanımı İçin Sistemler Standardında çatı malzemesi ve eğimine göre belirlenmiş yüzey verim katsayıları dikkate alınmıştır (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5 : Çatı örtüleri için TS EN 16491-1 Yerinde İçilebilir Olmayan Su Sistemleri - Bölüm 1: Yağmur Suyu Kullanımı İçin Sistemler Standardında verilen yüzey verim katsayıları (TS EN 16491-1, 2018).

Yağmur Suyu Toplama Alanı (Çatı Yüzeyi)	Yüzey verim katsayısı
Eğimli pürüzsüz çatı yüzeyi (ör: metal, cam, sırlı kiremit, güneş paneli)	0,9
Eğimli pürüzlü çatı yüzeyi (ör: beton kiremit)	0,8
Çakılsız düz çatı	0,8
Çakıllı düz çatı	0,7
Ekstensif yeşil çatı	0,5
İntensif yeşil çatı	0,3

Böylelikle, çalışma kapsamında kurgulanan yerleşmelerde; yeşil alan örtüsü sabit olmakla birlikte çatı alanı için 7, kaldırım alanı için 4, otopark alanı için 4, taşıt yolu alanı için 3 farklı yüzeysel akış katsayısına sahip yüzey örtü malzemesi seçilmiştir. Bu

malzeme çeşitliliğinin bir sonucu olarak her bir yerleşmede oluşan toplam 336 ($7*4*4*3$) malzeme kombinasyonu Şekil 5.8’de gösterildiği şekilde kabul edilmiş ve kodlanmıştır.



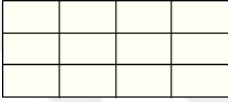
Şekil 5.8 : Kurgulanacak yerleşmelerdeki çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alan için alana uygun malzeme alternatiflerine göre belirlenen yüzeyel akış katsayıları ve kodları (değerler 1’e yakınlıkça malzemenin geçirgenliği azalmaktadır).

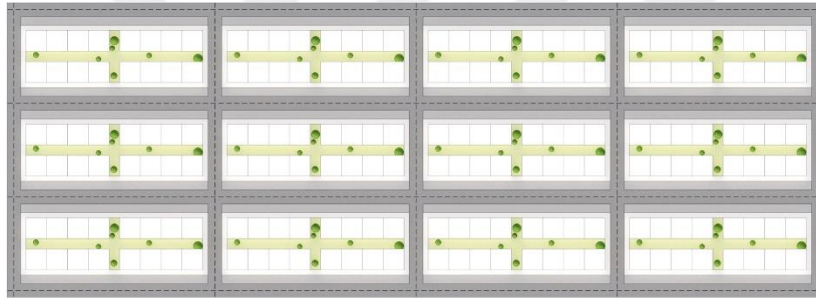
5.3 Oluşturulan Yerleşme Kurguları İçin Yüzeyel Akış Miktarının Hesaplanarak Sonuçların Değerlendirilmesi

Rasyonel Yöntem için Bölüm 4.2’de açıklanan formül ile gerekli alan ve yağış bilgileri kullanılarak her yerleşmede bulunan 336 farklı malzeme kombinasyonunun oluşturduğu yüzeyel akış miktarları hesaplanmış ve bu hesap kurgulanan her bir yerleşme için tekrarlanmıştır. Hesaplama sonuçları tüm değişkenlerin bir arada ifade edilebildiği grafiklerle derlenmiştir. Bu grafiklerde yeşil alan katsayısı sabit olup, aynı yüzeyel akış katsayısına sahip olan kaldırım ve otopark değişkenleri birlikte gruplandırılarak, çok sayıda yüzeyel akış katsayısı seçeneği olan çatı değişkeniyle birlikte değerlendirilmişlerdir. Grafikler her taşıt yolu seçeneği için ayrı ayrı çizilmiştir. Çalışma kapsamında oluşturulan 9 farklı yerleşmenin ve bu yerleşmelerdeki çeşitli malzeme kombinasyonlarına göre oluşan yüzeyel akış miktarlarına ilişkin hesaplamalar ve değerlendirmeler aşağıdaki gibidir.

12A 4 yerleşmesindeki yol ve ada düzenlemesi, sıra blok türüne ilişkin bilgiler ve farklı yüzeylerin alanlarının toplam arazi alanındaki oranları, Çizelge 5.6’da, yerleşme planı ise Şekil 5.9’da görülmektedir. 12A 4 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu gibi farklı yüzeylerde farklı malzemeler uygulandığında oluşan yüzeysel akış miktarları Şekil 5.10’da gösterilmektedir. Aynı veriler, değişkenlere bağlı olarak farklı malzeme seçimi yapıldığında oluşabilecek yüzeysel akış miktarının görülebileceği biçimde Şekil 5.11’de de derlenmiştir.

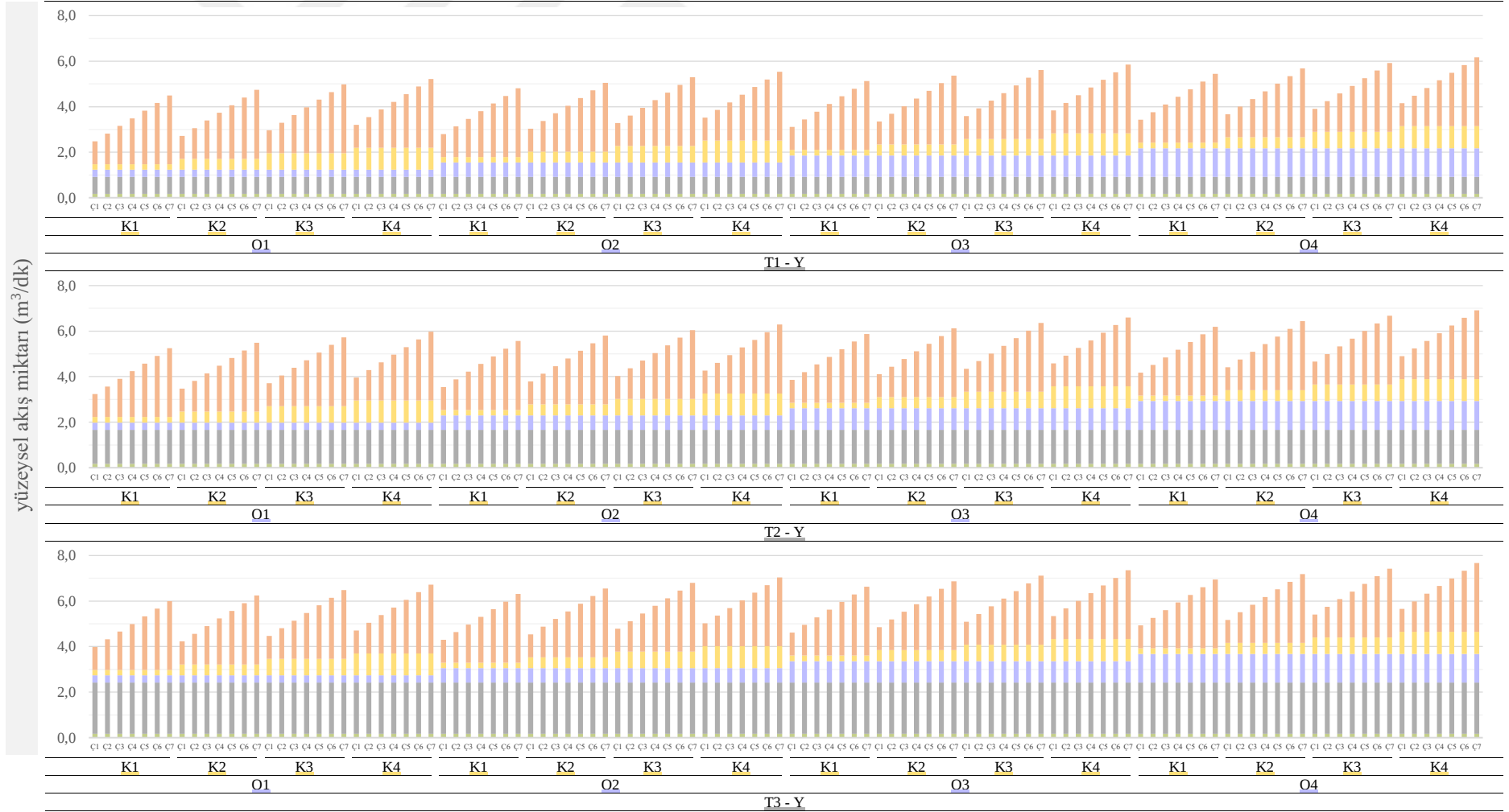
Çizelge 5.6 : 12A 4 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.

Yerleşme Adı	Yol ve Ada Düzeni	Sıra Blok	Arazi Kullanım Oranları (%)				
			Çatı Alanı	Kaldırım Alanı	Otopark Alanı	Taşıt Alanı	Yeşil Alan
12A 4			34,5	12,4	16,2	25,7	11,3

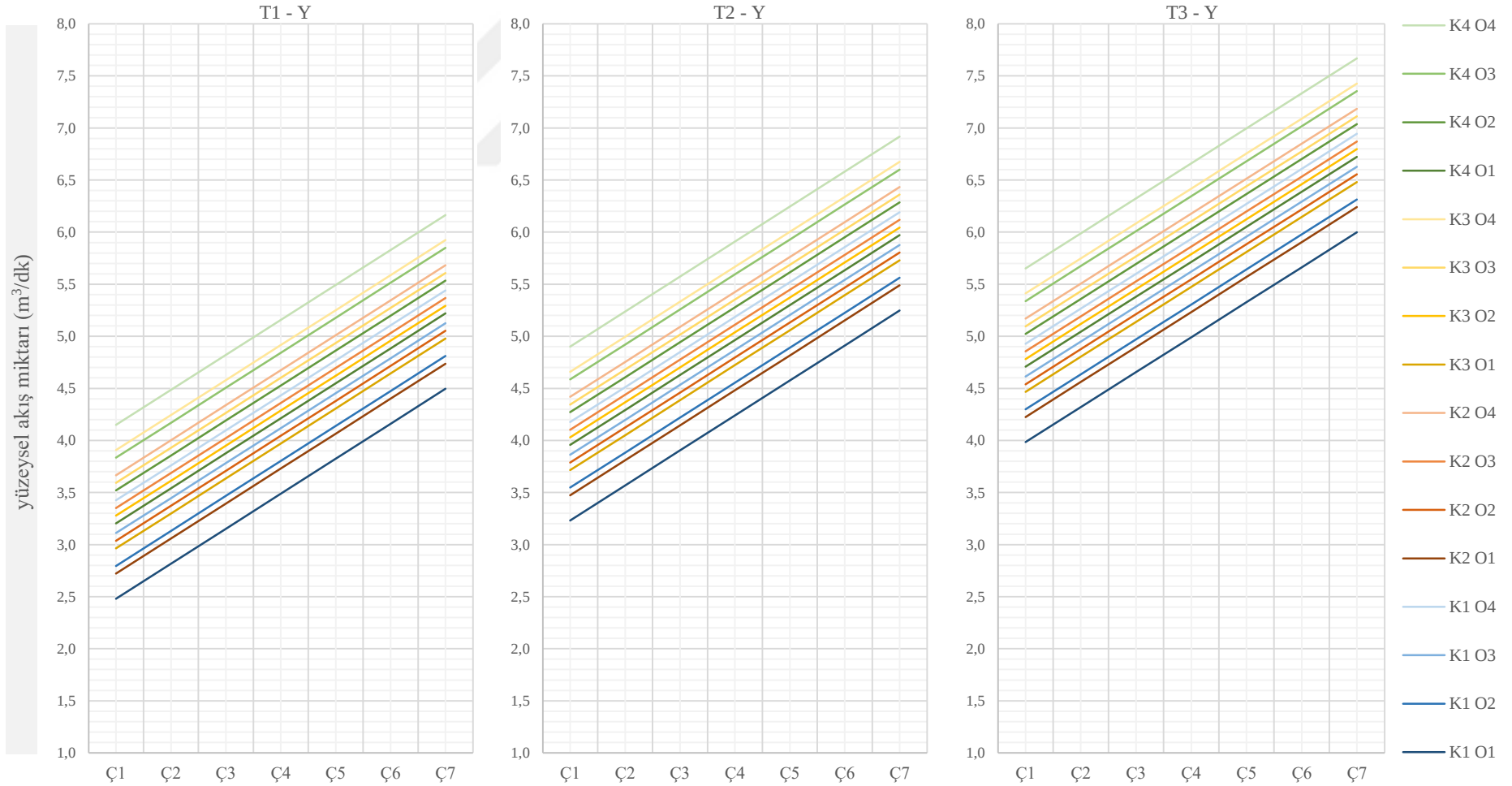


Şekil 5.9 : 12A 4 yerleşmesinin üstten görünüşü.

Yüzeysel akış miktarındaki artış eğiliminin aynı olduğu T1-Y, T2-Y ve T3-Y grafikleri incelendiğinde; 12A 4 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akış miktarı $7,67 \text{ m}^3/\text{dk}$ ile yüzeysel akış katsayıları en yüksek olan ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonunda, en düşük yüzeysel akış miktarı ise $2,48 \text{ m}^3/\text{dk}$ ile yüzeysel akış katsayıları en düşük olan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda gerçekleşmiştir (Şekil 5.11). Bu durumda, yüzeysel akış katsayısı düşük ve geçirimli malzemeler seçildiğinde 12A 4 yerleşmesinde oluşan yüzeysel akış miktarının %67,65 oranında azaltılabileceği görülmektedir.



Şekil 5.10 : 12A 4 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.



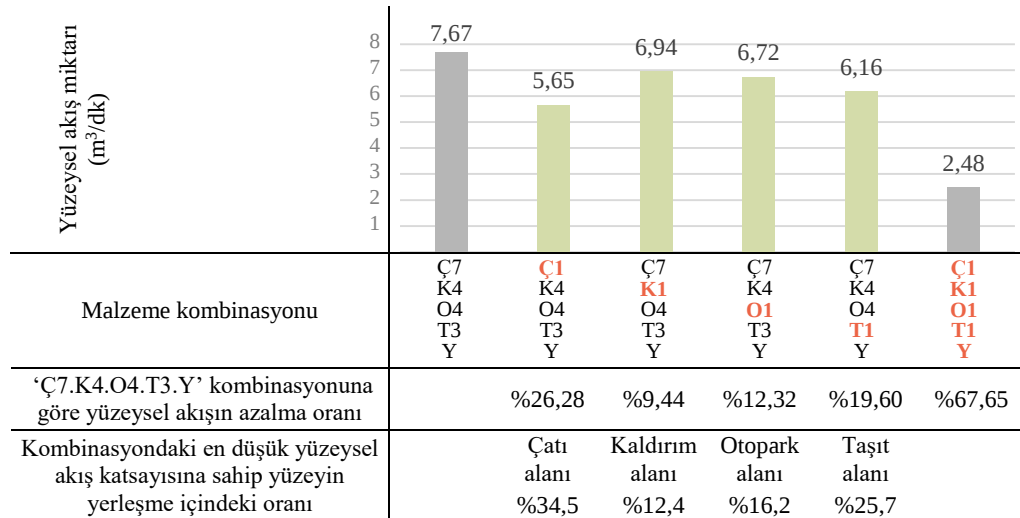
Şekil 5.11 : 12A 4 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeysel akış miktarları.

12A 4 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akışın olduğu ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonuna göre;

- Sadece çatı alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %26,28 oranında,
- Sadece kaldırım alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K1.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %9,44 oranında,
- Sadece otopark alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O1.T3.Y’ kombinasyonunda %12,32 oranında,
- Sadece taşıt yolu alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O4.T1.Y’ kombinasyonunda %19,60 oranında,
- Bütün alanlarda, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzemeler seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda ise %67,65 oranında bir azalma meydana gelmektedir.

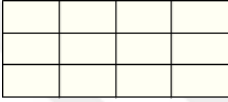
Çizelge 5.7’de görüldüğü gibi; 12A 4 yerleşmesinde, en büyük alana (%34,5) sahip çatı malzemelerinin yüzey akış katsayıları, yerleşmede meydana gelen yüzeysel akışın azaltılmasında en etkili değişken olmuştur. Çatı malzemelerinde en düşük yüzey akış katsayısı önerildiğinde yüzeysel akışın azalması en yüksek oranda (%26,28) gerçekleşmiştir. Benzer biçimde, taşıt yolu alanı (%25,7), otopark alanı (%16,2) ve kaldırım alanı (%12,4) malzemelerinin yüzey akış katsayıları küçüldükçe yüzey alanlarıyla doğru orantılı olacak şekilde yüzeysel akış miktarının azalmasına (%19,60, %12,32, %9,44) katkıda bulunduğu görülmektedir.

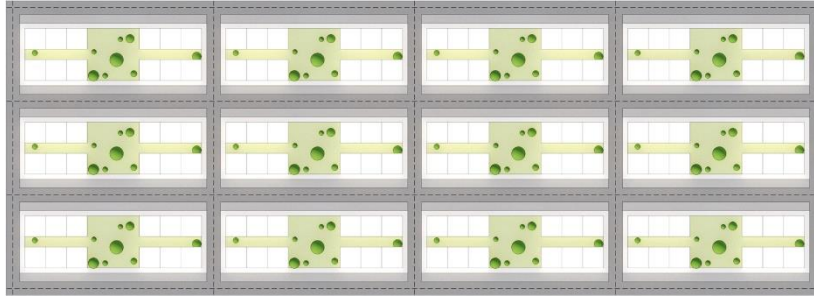
Çizelge 5.7 : 12A 4 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları.



12A 3 yerleşmesindeki yol ve ada düzenlemesi, sıra blok türüne ilişkin bilgiler ve farklı yüzeylerin alanlarının toplam arazi alanındaki oranları, Çizelge 5.8’de, yerleşme planı ise Şekil 5.12’de görülmektedir. 12A 3 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu gibi farklı yüzeylerde farklı malzemeler uygulandığında oluşan yüzeysel akış miktarları Şekil 5.13’te gösterilmektedir. Aynı veriler, değişkenlere bağlı olarak farklı malzeme seçimi yapıldığında oluşabilecek yüzeysel akış miktarının görülebileceği biçimde Şekil 5.14’te de derlenmiştir.

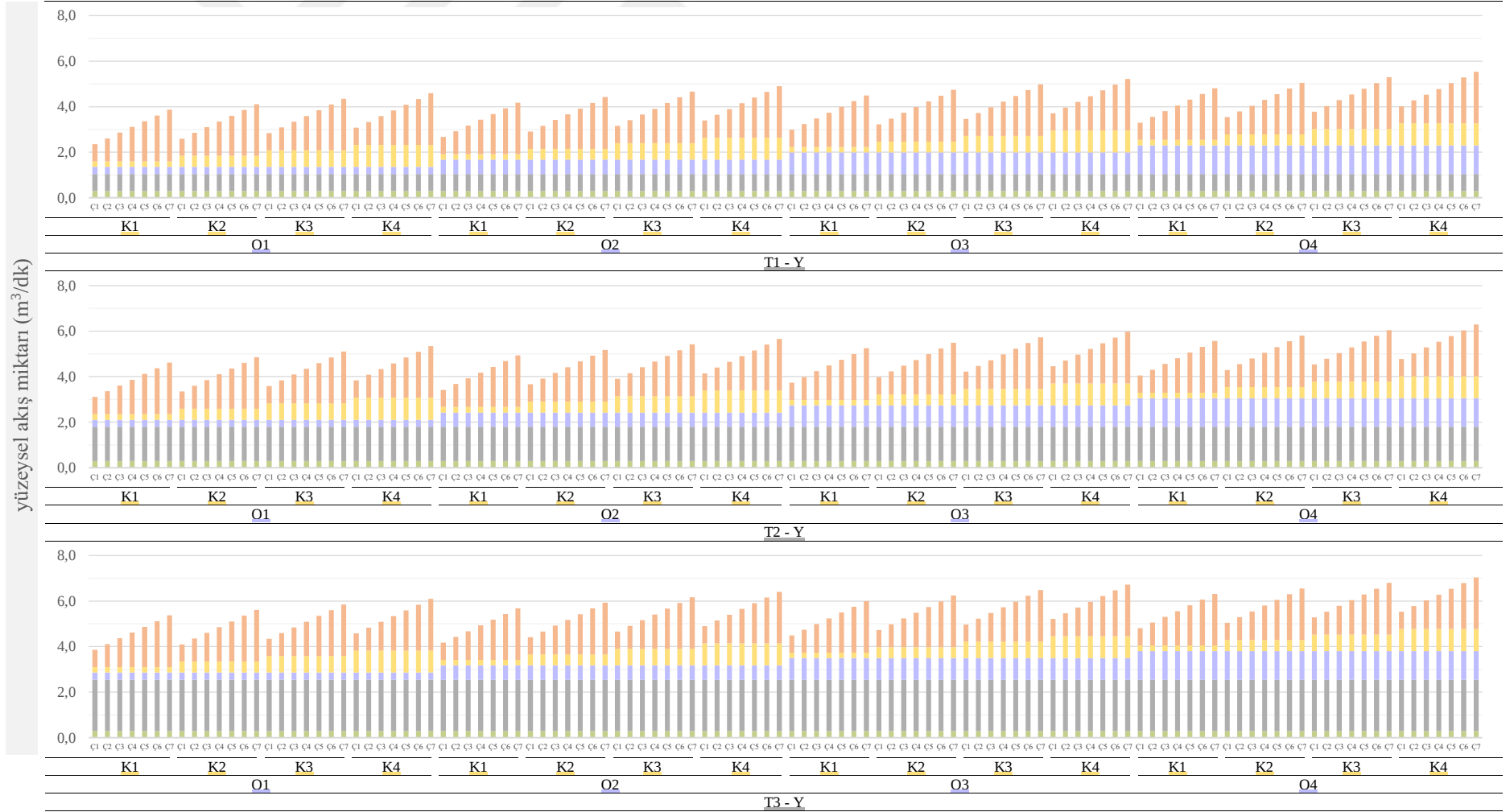
Çizelge 5.8 : 12A 3 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.

Yerleşme Adı	Yol ve Ada Düzeni	Sıra Blok	Arazi Kullanım Oranları (%)				
			Çatı Alanı	Kaldırım Alanı	Otopark Alanı	Taşıt Alanı	Yeşil Alan
12A 3			25,8	12,4	16,2	25,7	19,9

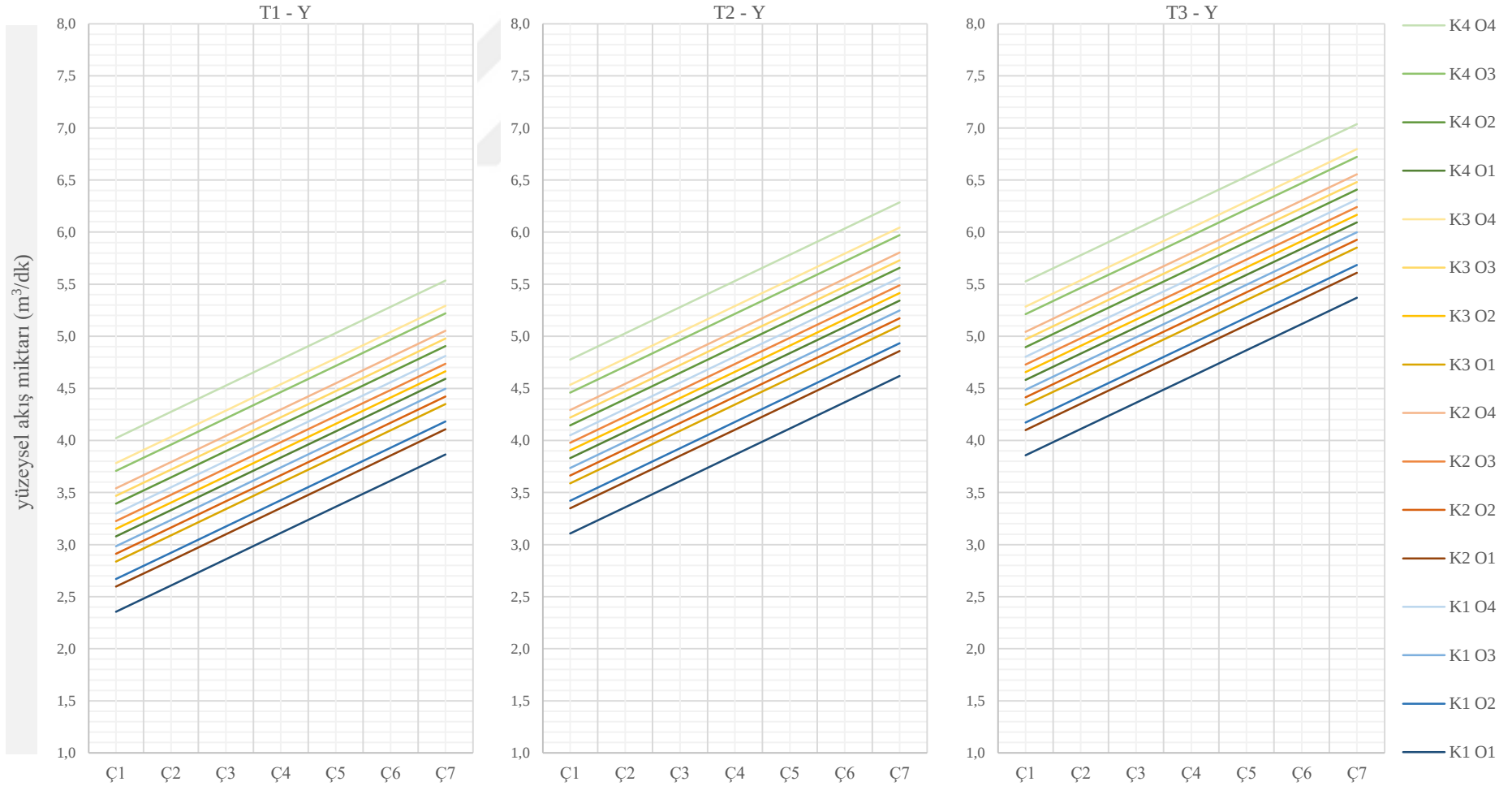


Şekil 5.12 : 12A 3 yerleşmesinin üstten görünüşü.

Yüzeysel akış miktarındaki artış eğiliminin aynı olduğu T1-Y, T2-Y ve T3-Y grafikleri incelendiğinde; 12A 3 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akış miktarı $7,04 \text{ m}^3/\text{dk}$ ile yüzeysel akış katsayıları en yüksek olan ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonunda, en düşük yüzeysel akış miktarı ise $2,35 \text{ m}^3/\text{dk}$ ile yüzeysel akış katsayıları en düşük olan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda gerçekleşmiştir (Şekil 5.14). Bu durumda, yüzeysel akış katsayısı düşük ve geçirimli malzemeler seçildiğinde 12A 3 yerleşmesinde oluşan yüzeysel akış miktarının %66,54 oranında azaltılabileceği görülmektedir.



Şekil 5.13 : 12A 3 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.



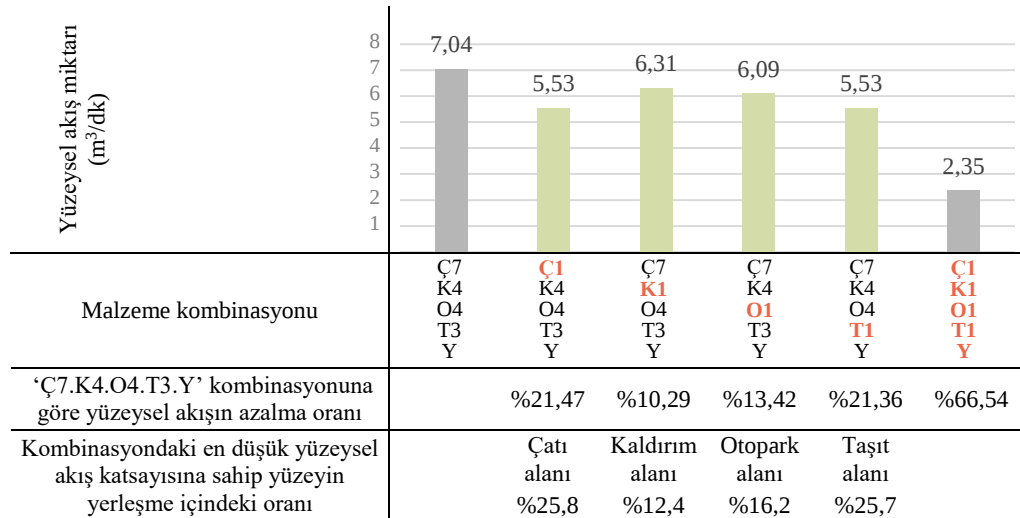
Şekil 5.14 : 12A 3 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeysel akış miktarları.

12A 3 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akışın olduğu ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonuna göre;

- Sadece çatı alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %21,47 oranında,
- Sadece kaldırım alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K1.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %10,29 oranında,
- Sadece otopark alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O1.T3.Y’ kombinasyonunda %13,42 oranında,
- Sadece taşıt yolu alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O4.T1.Y’ kombinasyonunda %21,36 oranında,
- Bütün alanlarda, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzemeler seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda ise %66,54 oranında bir azalma meydana gelmektedir.

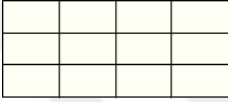
Çizelge 5.9’da görüldüğü gibi; 12A 3 yerleşmesinde, en büyük alana (%25,8) sahip çatı malzemelerinin yüzey akış katsayıları, yerleşmede meydana gelen yüzeysel akışın azaltılmasında en etkili değişken olmuştur. Çatı malzemelerinde en düşük yüzey akış katsayısı önerildiğinde yüzeysel akışın azalması en yüksek oranda (%21,47) gerçekleşmiştir. Benzer biçimde, taşıt yolu alanı (%25,7), otopark alanı (%16,2) ve kaldırım alanı (%12,4) malzemelerinin yüzey akış katsayıları küçüldükçe yüzey alanlarıyla doğru orantılı olacak şekilde yüzeysel akış miktarının azalmasına (%21,36, %13,42, %10,29) katkıda bulunduğu görülmektedir.

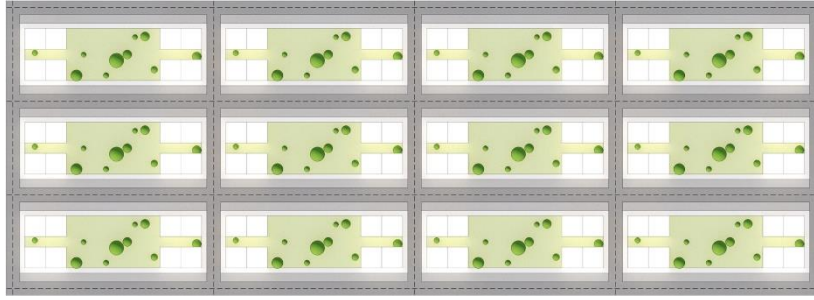
Çizelge 5.9 : 12A 3 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları.



12A 2 yerleşmesindeki yol ve ada düzenlemesi, sıra blok türüne ilişkin bilgiler ve farklı yüzeylerin alanlarının toplam arazi alanındaki oranları, Çizelge 5.10'da, yerleşme planı ise Şekil 5.15'te görülmektedir. 12A 2 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu gibi farklı yüzeylerde farklı malzemeler uygulandığında oluşan yüzeysel akış miktarları Şekil 5.16'da gösterilmektedir. Aynı veriler, değişkenlere bağlı olarak farklı malzeme seçimi yapıldığında oluşabilecek yüzeysel akış miktarının görülebileceği biçimde Şekil 5.17'de de derlenmiştir.

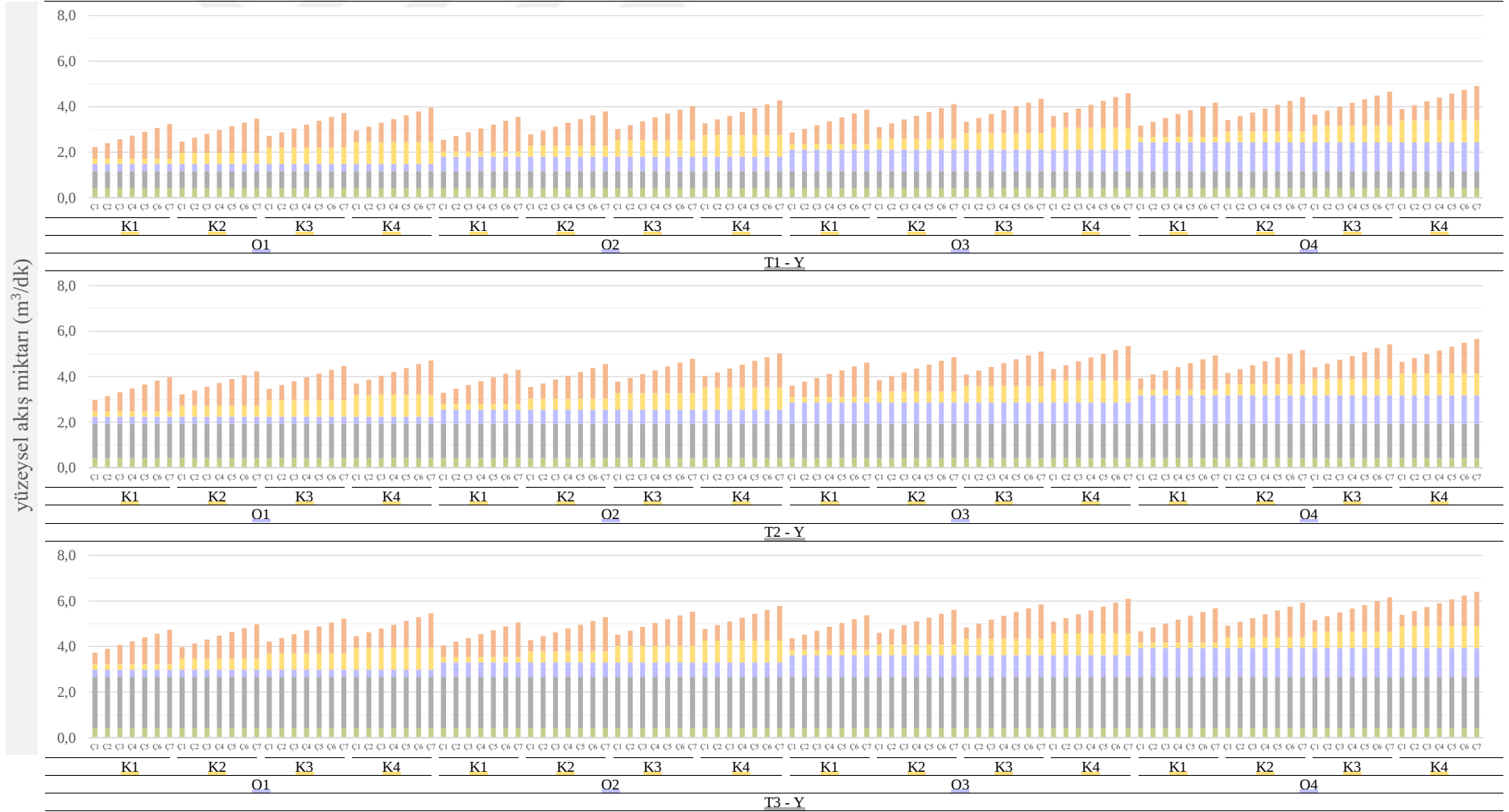
Çizelge 5.10 : 12A 2 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.

Yerleşme Adı	Yol ve Ada Düzeni	Sıra Blok	Arazi Kullanım Oranları (%)				
			Çatı Alanı	Kaldırım Alanı	Otopark Alanı	Taşıt Alanı	Yeşil Alan
12A 2			17,2	12,4	16,2	25,7	28,5

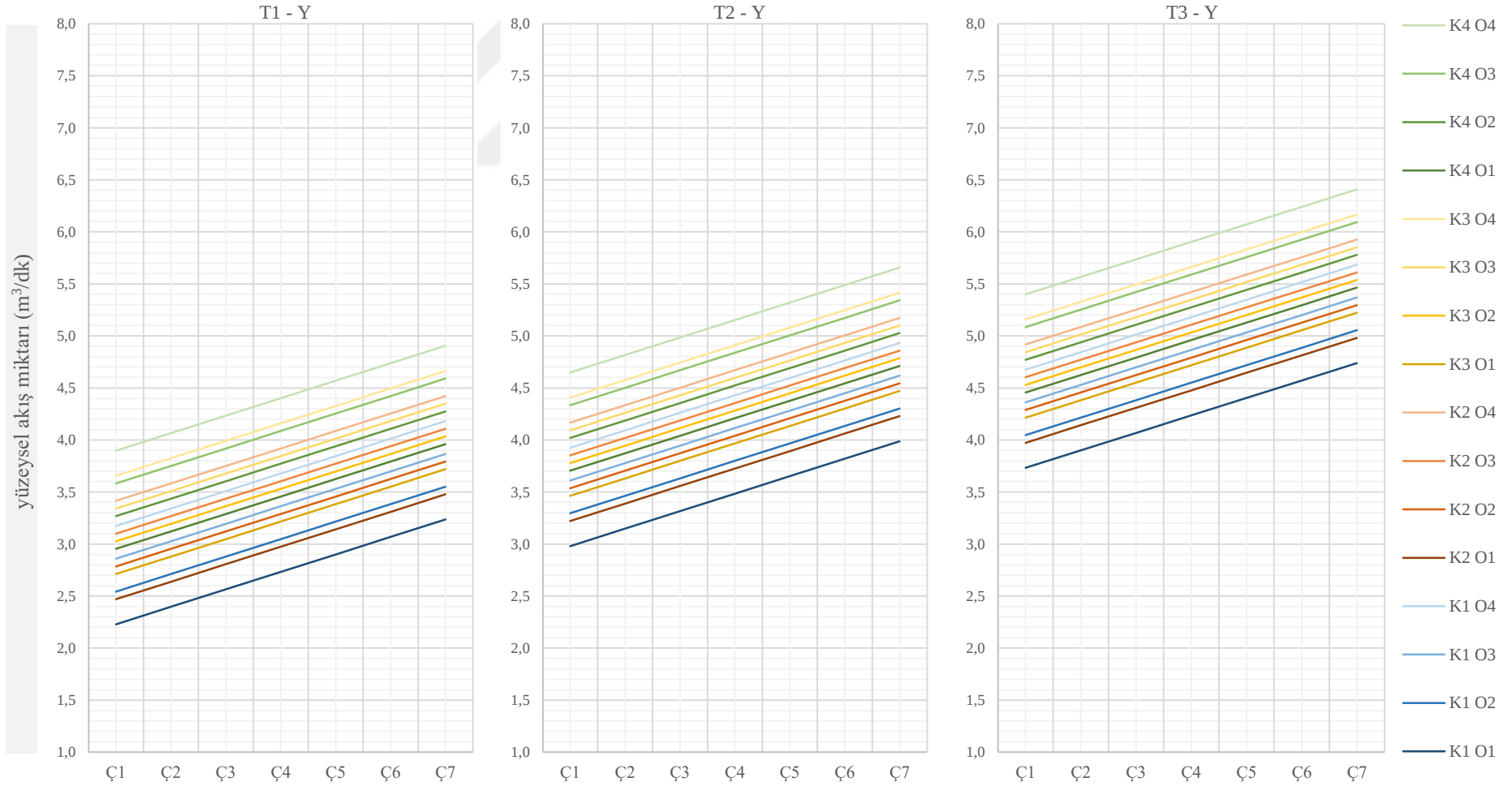


Şekil 5.15 : 12A 2 yerleşmesinin üstten görünüşü.

Yüzeysel akış miktarındaki artış eğiliminin aynı olduğu T1-Y, T2-Y ve T3-Y grafikleri incelendiğinde; 12A 2 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akış miktarı $6,41 \text{ m}^3/\text{dk}$ ile yüzeysel akış katsayıları en yüksek olan 'Ç7.K4.O4.T3.Y' kombinasyonunda, en düşük yüzeysel akış miktarı ise $2,23 \text{ m}^3/\text{dk}$ ile yüzeysel akış katsayıları en düşük olan 'Ç1.K1.O1.T1.Y' kombinasyonunda gerçekleşmiştir (Şekil 5.17). Bu durumda, yüzeysel akış katsayısı düşük ve geçirimli malzemeler seçildiğinde 12A 2 yerleşmesinde oluşan yüzeysel akış miktarının %65,22 oranında azaltılabileceği görülmektedir.



Şekil 5.16 : 12A 2 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.



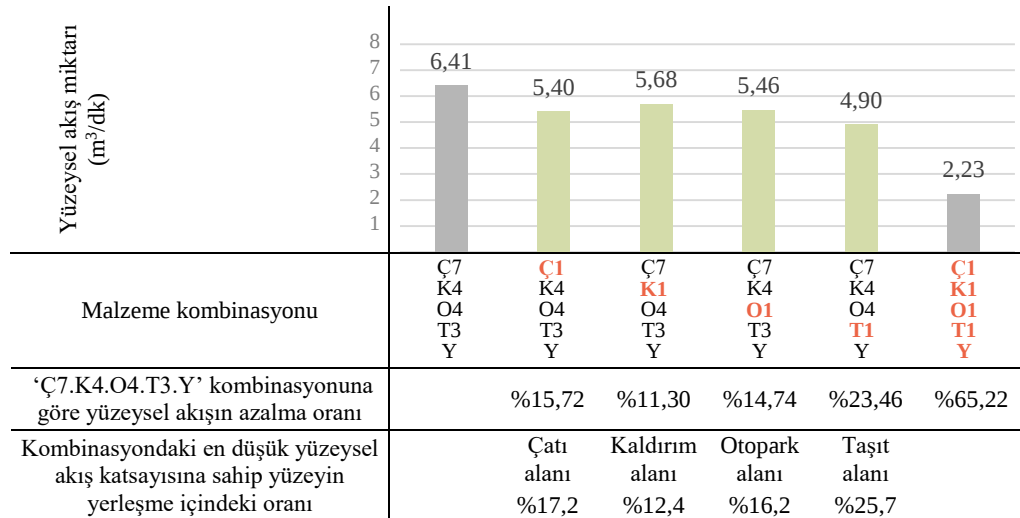
Şekil 5.17 : 12A 2 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeysel akış miktarları.

12A 2 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akışın olduğu ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonuna göre;

- Sadece çatı alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %15,72 oranında,
- Sadece kaldırım alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K1.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %11,30 oranında,
- Sadece otopark alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O1.T3.Y’ kombinasyonunda %14,74 oranında,
- Sadece taşıt yolu alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O4.T1.Y’ kombinasyonunda %23,46 oranında,
- Bütün alanlarda, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzemeler seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda ise %65,22 oranında bir azalma meydana gelmektedir.

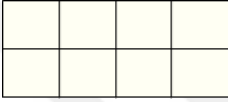
Çizelge 5.11’de görüldüğü gibi; 12A 2 yerleşmesinde, en büyük alana (%25,7) sahip taşıt yolu malzemelerinin yüzey akış katsayıları, yerleşmede meydana gelen yüzeysel akışın azaltılmasında en etkili değişken olmuştur. Taşıt yolu malzemelerinde en düşük yüzey akış katsayısı önerildiğinde yüzeysel akışın azalması en yüksek oranda (%23,46) gerçekleşmiştir. Benzer biçimde, çatı alanı (%17,2), otopark alanı (%16,2) ve kaldırım alanı (%12,4) malzemelerinin yüzey akış katsayıları küçüldükçe yüzey alanlarıyla doğru orantılı olacak şekilde yüzeysel akış miktarının azalmasına (%15,72, %14,74, %11,30) katkıda bulunduğu görülmektedir.

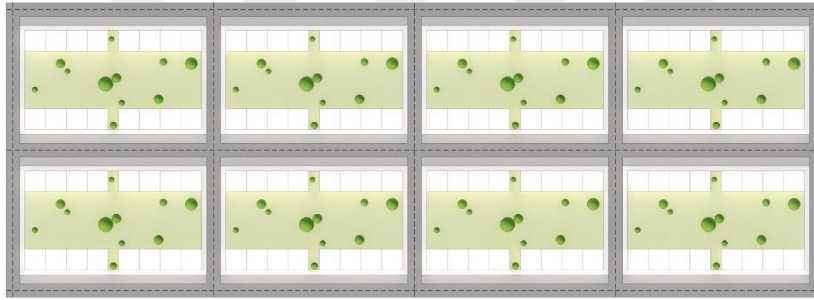
Çizelge 5.11 : 12A 2 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları.



8A 4 yerleşmesindeki yol ve ada düzenlemesi, sıra blok türüne ilişkin bilgiler ve farklı yüzeylerin alanlarının toplam arazi alanındaki oranları, Çizelge 5.12’de, yerleşme planı ise Şekil 5.18’de görülmektedir. 8A 4 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu gibi farklı yüzeylerde farklı malzemeler uygulandığında oluşan yüzeysel akış miktarları Şekil 5.19’da gösterilmektedir. Aynı veriler, değişkenlere bağlı olarak farklı malzeme seçimi yapıldığında oluşabilecek yüzeysel akış miktarının görülebileceği biçimde Şekil 5.20’de de derlenmiştir.

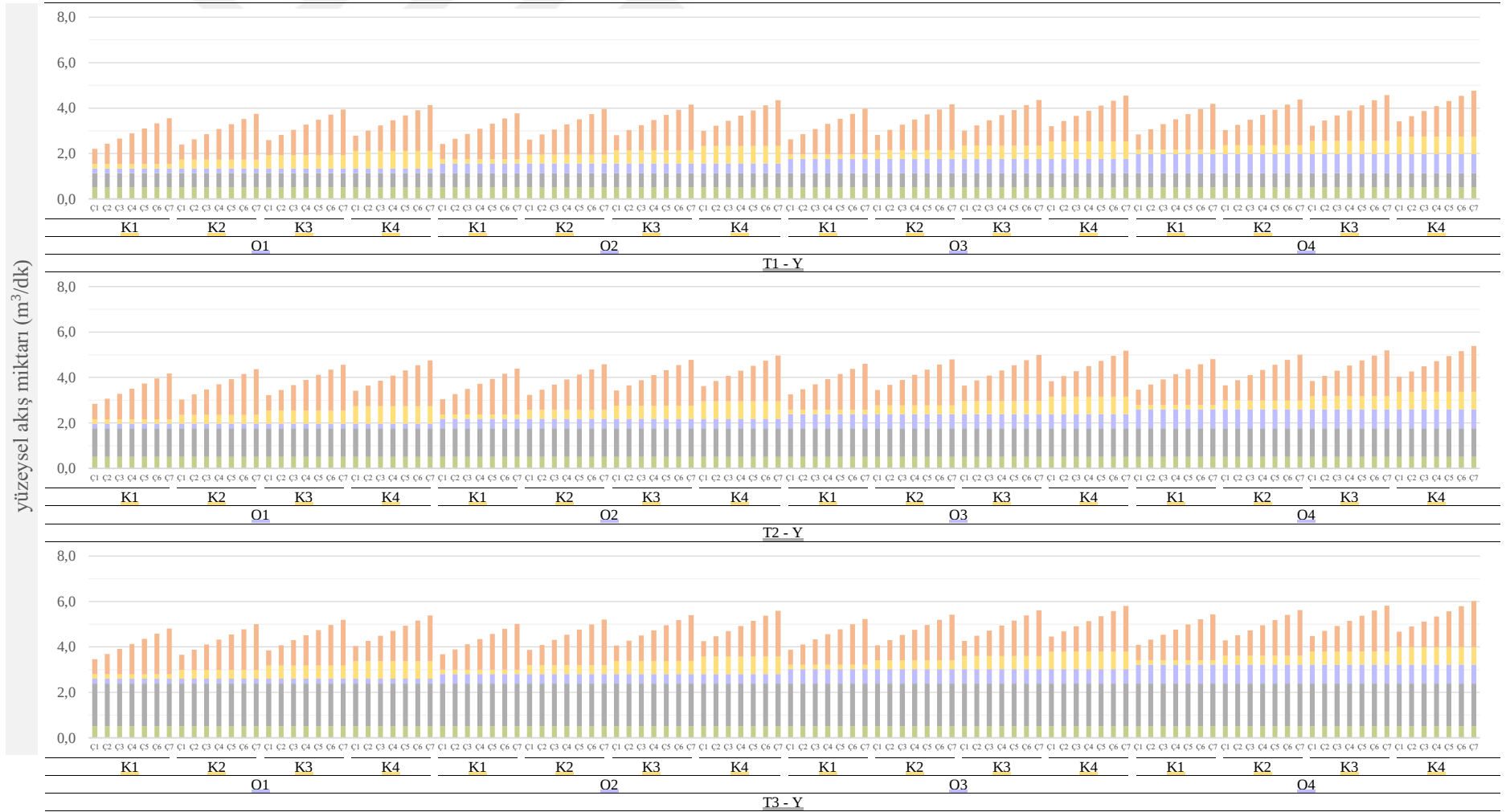
Çizelge 5.12 : 8A 4 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.

Yerleşme Adı	Yol ve Ada Düzeni	Sıra Blok	Arazi Kullanım Oranları (%)				
			Çatı Alanı	Kaldırım Alanı	Otopark Alanı	Taşıt Alanı	Yeşil Alan
8A 4			23,0	9,9	10,8	21,4	35,0

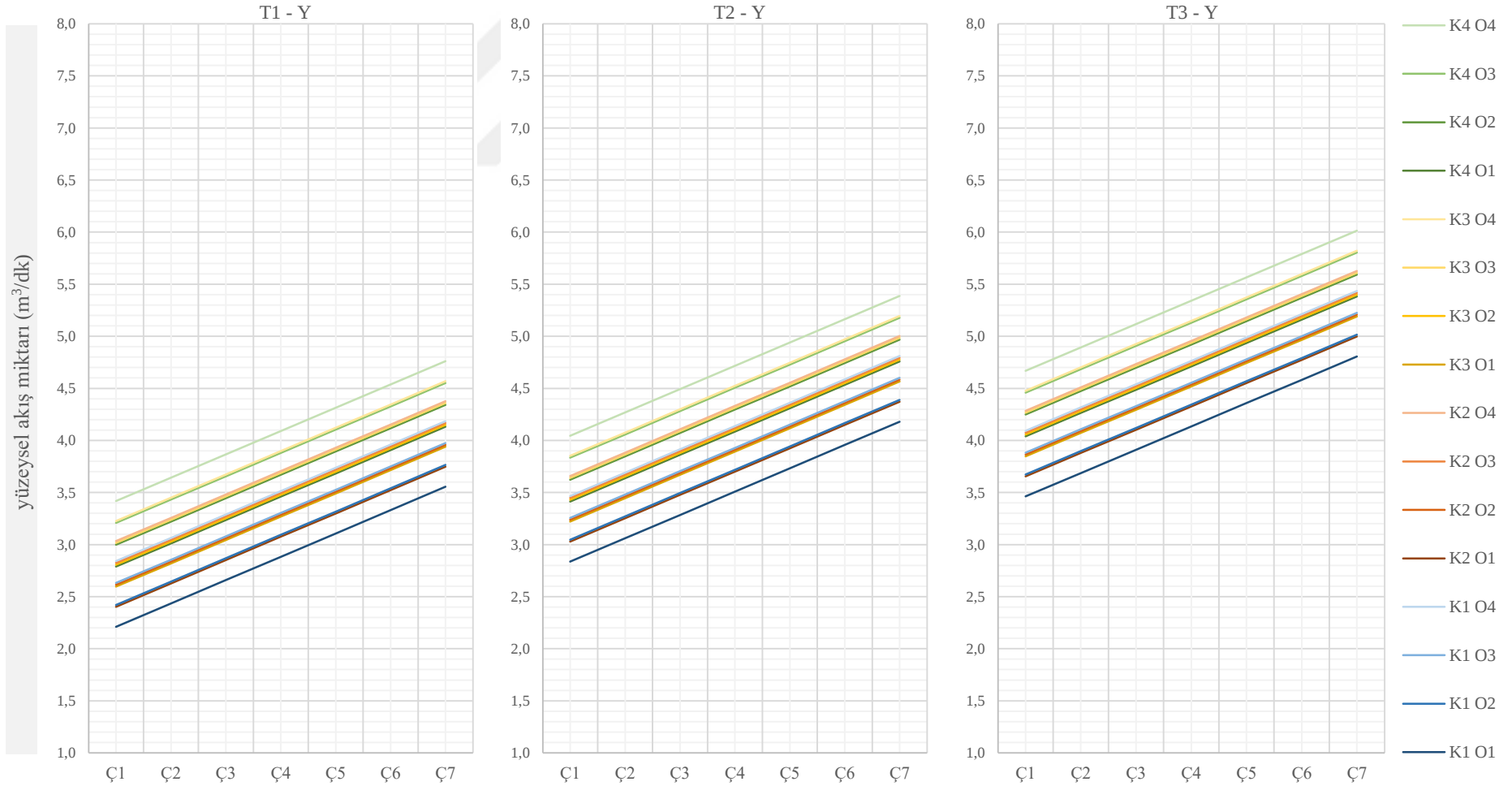


Şekil 5.18 : 8A 4 yerleşmesinin üstten görünüşü.

Yüzeysel akış miktarındaki artış eğiliminin aynı olduğu T1-Y, T2-Y ve T3-Y grafikleri incelendiğinde; 8A 4 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akış miktarı $6,01 \text{ m}^3/\text{dk}$ ile yüzeysel akış katsayıları en yüksek olan ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonunda, en düşük yüzeysel akış miktarı ise $2,21 \text{ m}^3/\text{dk}$ ile yüzeysel akış katsayıları en düşük olan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda gerçekleşmiştir (Şekil 5.20). Bu durumda, yüzeysel akış katsayısı düşük ve geçirimli malzemeler seçildiğinde 8A 4 yerleşmesinde oluşan yüzeysel akış miktarının %63,22 oranında azaltılabileceği görülmektedir.



Şekil 5.19 : 8A 4 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.



Şekil 5.20 : 8A 4 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeysel akış miktarları.

8A 4 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akışın olduğu ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonuna göre;

- Sadece çatı alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %22,34 oranında,
- Sadece kaldırım alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K1.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %9,60 oranında,
- Sadece otopark alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O1.T3.Y’ kombinasyonunda %10,47 oranında,
- Sadece taşıt yolu alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O4.T1.Y’ kombinasyonunda %20,81 oranında,
- Bütün alanlarda, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzemeler seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda ise %63,22 oranında bir azalma meydana gelmektedir.

Çizelge 5.13’de görüldüğü gibi; 8A 4 yerleşmesinde, en büyük alana (%23,0) sahip çatı malzemelerinin yüzey akış katsayıları, yerleşmede meydana gelen yüzeysel akışın azaltılmasında en etkili değişken olmuştur. Çatı malzemelerinde en düşük yüzey akış katsayısı önerildiğinde yüzeysel akışın azalması en yüksek oranda (%22,34) gerçekleşmiştir. Benzer biçimde, taşıt yolu alanı (%21,4), otopark alanı (%10,8) ve kaldırım alanı (%9,9) malzemelerinin yüzey akış katsayıları küçüldükçe yüzey alanlarıyla doğru orantılı olacak şekilde yüzeysel akış miktarının azalmasına (%20,81, %10,47, %9,60) katkıda bulunduğu görülmektedir.

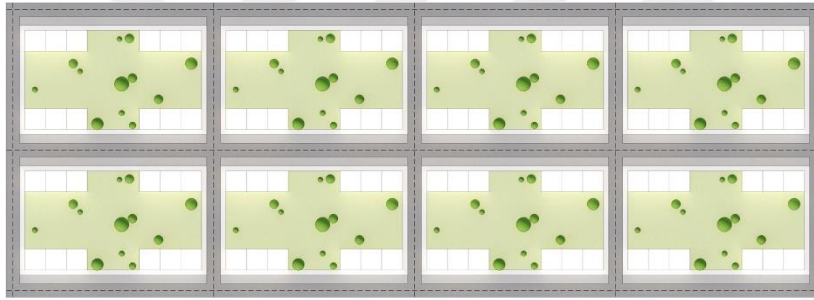
Çizelge 5.13 : 8A 4 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları.

Yüzeysel akış miktarı (m ³ /dk)	6,01	4,67	5,44	5,38	4,76	2,21
Malzeme kombinasyonu	Ç7 K4 O4 T3 Y	Ç1 K4 O4 T3 Y	Ç7 K1 O4 T3 Y	Ç7 K4 O1 T3 Y	Ç7 K4 O4 T1 Y	Ç1 K1 O1 T1 Y
‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonuna göre yüzeysel akışın azalma oranı		%22,34	%9,60	%10,47	%20,81	%63,22
Kombinasyondaki en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip yüzeyin yerleşme içindeki oranı		Çatı alanı %23,0	Kaldırım alanı %9,9	Otopark alanı %10,8	Taşıt yolu alanı %21,4	

8A 3 yerleşmesindeki yol ve ada düzenlemesi, sıra blok türüne ilişkin bilgiler ve farklı yüzeylerin alanlarının toplam arazi alanındaki oranları, Çizelge 5.14’te, yerleşme planı ise Şekil 5.21’de görülmektedir. 8A 3 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu gibi farklı yüzeylerde farklı malzemeler uygulandığında oluşan yüzeysel akış miktarları Şekil 5.22’de gösterilmektedir. Aynı veriler, değişkenlere bağlı olarak farklı malzeme seçimi yapıldığında oluşabilecek yüzeysel akış miktarının görülebileceği biçimde Şekil 5.23’te de derlenmiştir.

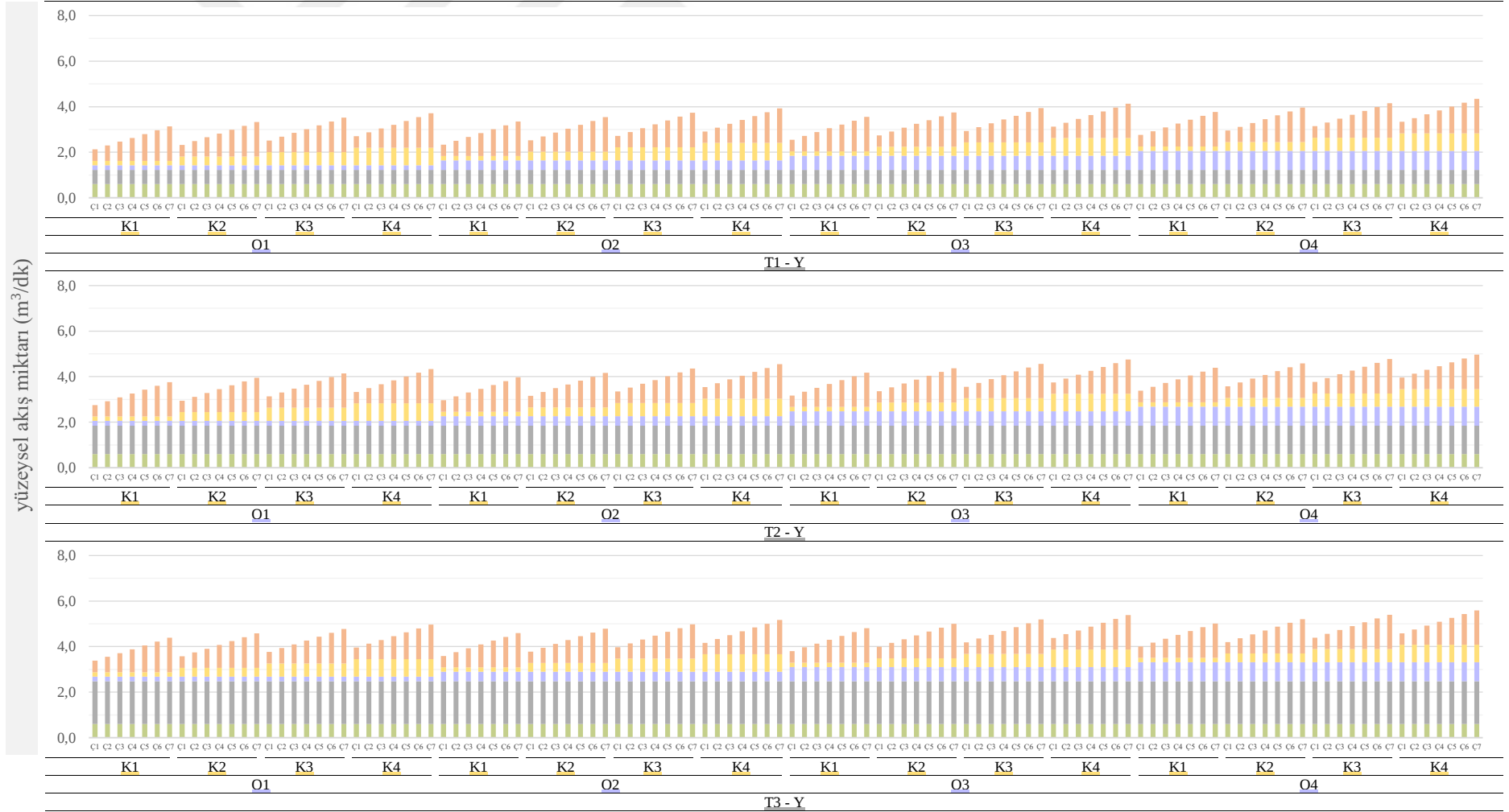
Çizelge 5.14 : 8A 3 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.

Yerleşme Adı	Yol ve Ada Düzeni	Sıra Blok	Arazi Kullanım Oranları (%)				
			Çatı Alanı	Kaldırım Alanı	Otopark Alanı	Taşıt Alanı	Yeşil Alan
8A 3			17,2	9,9	10,8	21,4	40,7

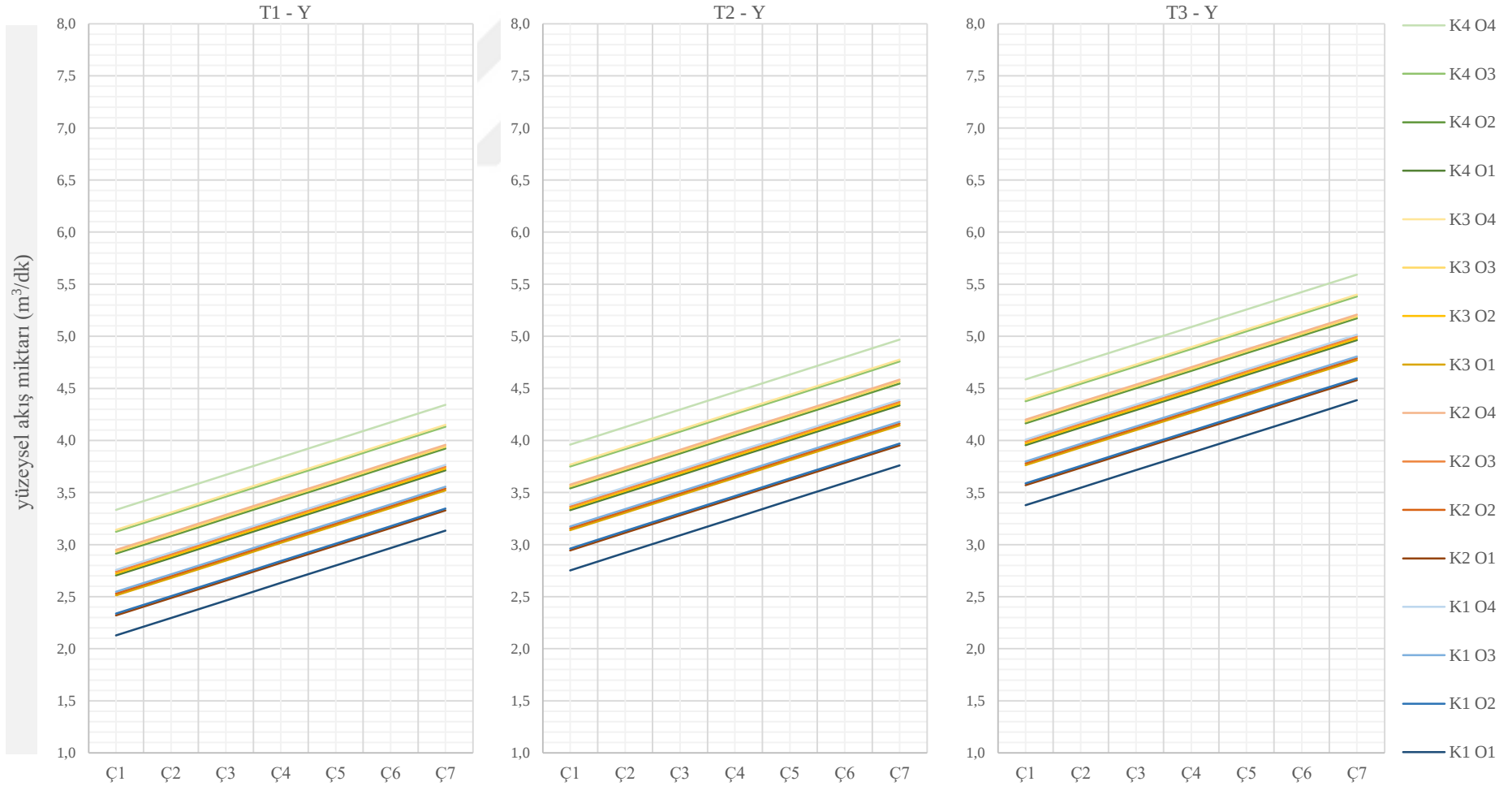


Şekil 5.21 : 8A 3 yerleşmesinin üstten görünüşü.

Yüzeysel akış miktarındaki artış eğiliminin aynı olduğu T1-Y, T2-Y ve T3-Y grafikleri incelendiğinde; 8A 3 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akış miktarı $5,59 \text{ m}^3/\text{dk}$ ile yüzeysel akış katsayıları en yüksek olan ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonunda, en düşük yüzeysel akış miktarı ise $2,13 \text{ m}^3/\text{dk}$ ile yüzeysel akış katsayıları en düşük olan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda gerçekleşmiştir (Şekil 5.23). Bu durumda, yüzeysel akış katsayısı düşük ve geçirimli malzemeler seçildiğinde 8A 3 yerleşmesinde oluşan yüzeysel akış miktarının %61,97 oranında azaltılabileceği görülmektedir.



Şekil 5.22 : 8A 3 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.



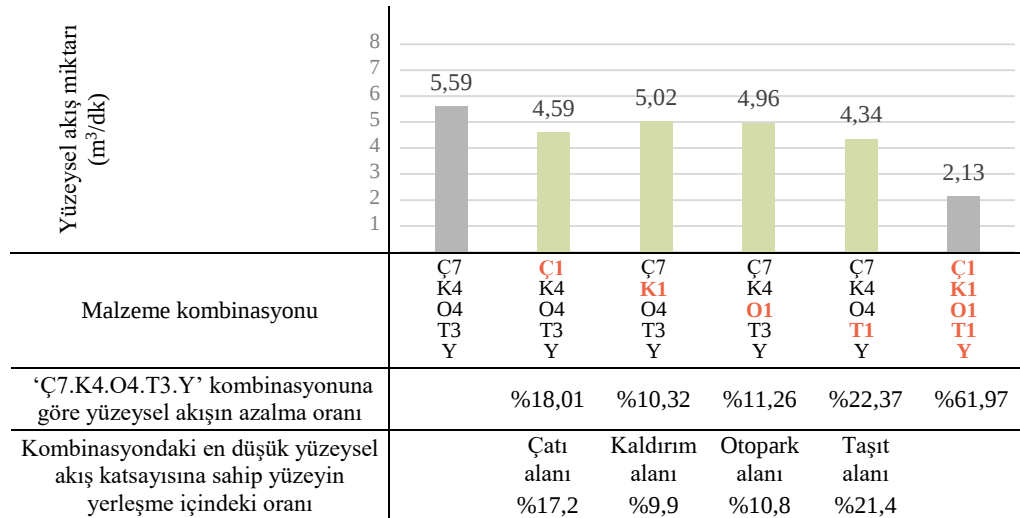
Şekil 5.23 : 8A 3 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeysel akış miktarları.

8A 3 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akışın olduğu ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonuna göre;

- Sadece çatı alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %18,01 oranında,
- Sadece kaldırım alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K1.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %10,32 oranında,
- Sadece otopark alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O1.T3.Y’ kombinasyonunda %11,26 oranında,
- Sadece taşıt yolu alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O4.T1.Y’ kombinasyonunda %22,37 oranında,
- Bütün alanlarda, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzemeler seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda ise %61,97 oranında bir azalma meydana gelmektedir.

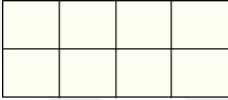
Çizelge 5.15’te görüldüğü gibi; 8A 3 yerleşmesinde, en büyük alana (%21,4) sahip taşıt yolu malzemelerinin yüzey akış katsayıları, yerleşmede meydana gelen yüzeysel akışın azaltılmasında en etkili değişken olmuştur. Taşıt yolu malzemelerinde en düşük yüzey akış katsayısı önerildiğinde yüzeysel akışın azalması en yüksek oranda (%22,37) gerçekleşmiştir. Benzer biçimde, çatı alanı (%17,2), otopark alanı (%10,8) ve kaldırım alanı (%9,9) malzemelerinin yüzey akış katsayıları küçüldükçe yüzey alanlarıyla doğru orantılı olacak şekilde yüzeysel akış miktarının azalmasına (%18,01, %11,26, %10,32) katkıda bulunduğu görülmektedir.

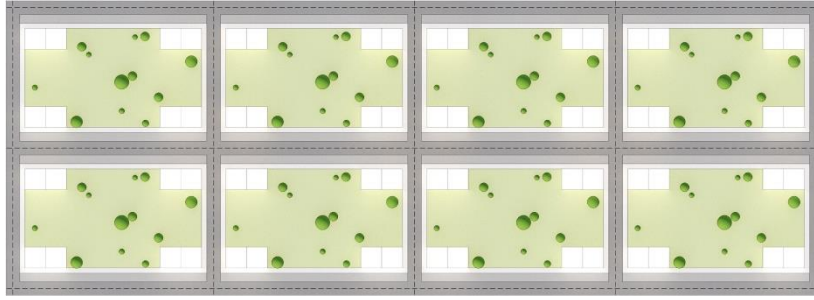
Çizelge 5.15 : 8A 3 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları.



8A 2 yerleşmesindeki yol ve ada düzenlemesi, sıra blok türüne ilişkin bilgiler ve farklı yüzeylerin alanlarının toplam arazi alanındaki oranları, Çizelge 5.16’da, yerleşme planı ise Şekil 5.24’te görülmektedir. 8A 2 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu gibi farklı yüzeylerde farklı malzemeler uygulandığında oluşan yüzeysel akış miktarları Şekil 5.25’te gösterilmektedir. Aynı veriler, değişkenlere bağlı olarak farklı malzeme seçimi yapıldığında oluşabilecek yüzeysel akış miktarının görülebileceği biçimde Şekil 5.26’da da derlenmiştir.

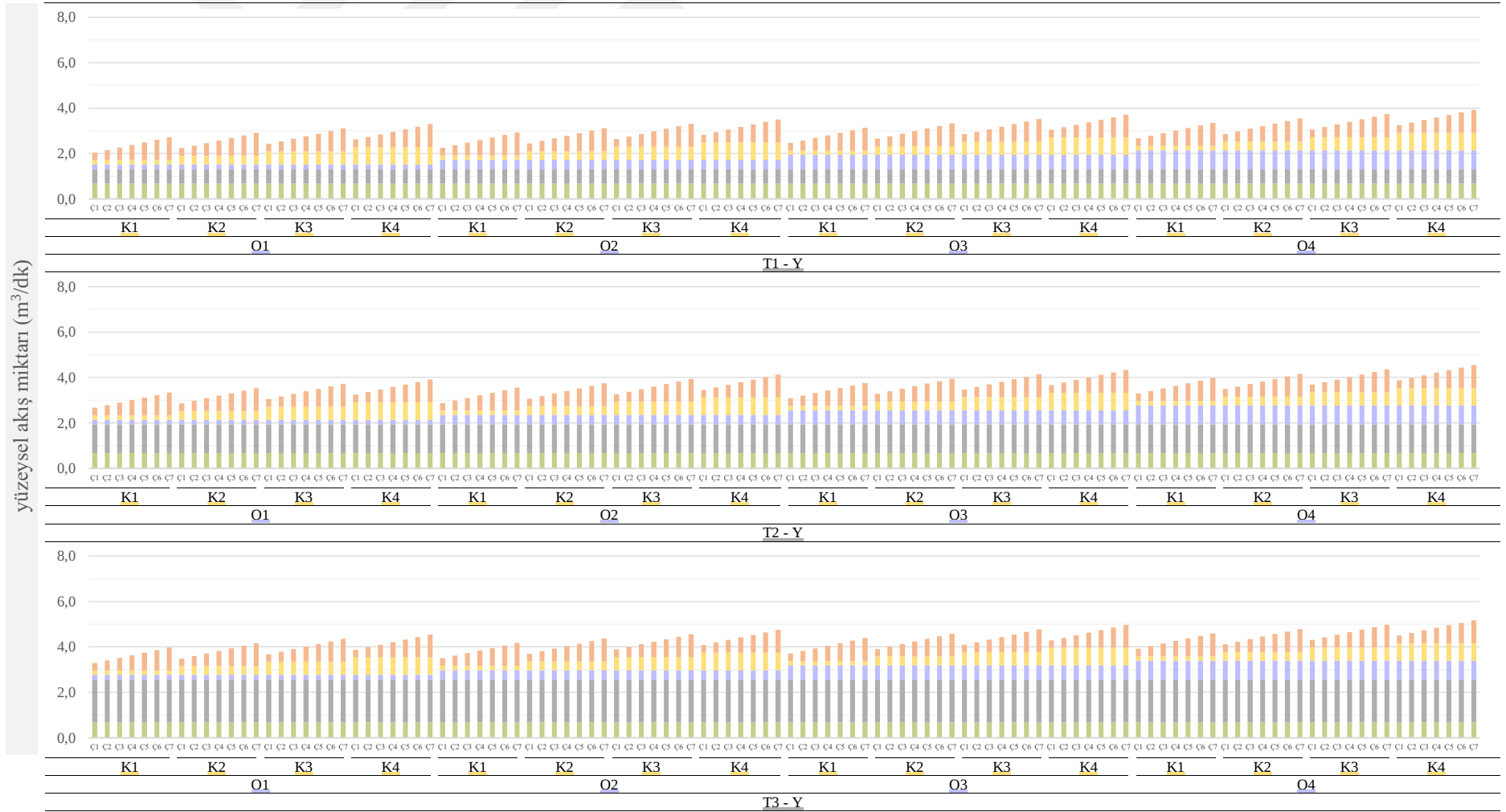
Çizelge 5.16 : 8A 2 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.

Yerleşme Adı	Yol ve Ada Düzeni	Sıra Blok	Arazi Kullanım Oranları (%)				
			Çatı Alanı	Kaldırım Alanı	Otopark Alanı	Taşıt Alanı	Yeşil Alan
8A 2			11,5	9,9	10,8	21,4	46,5

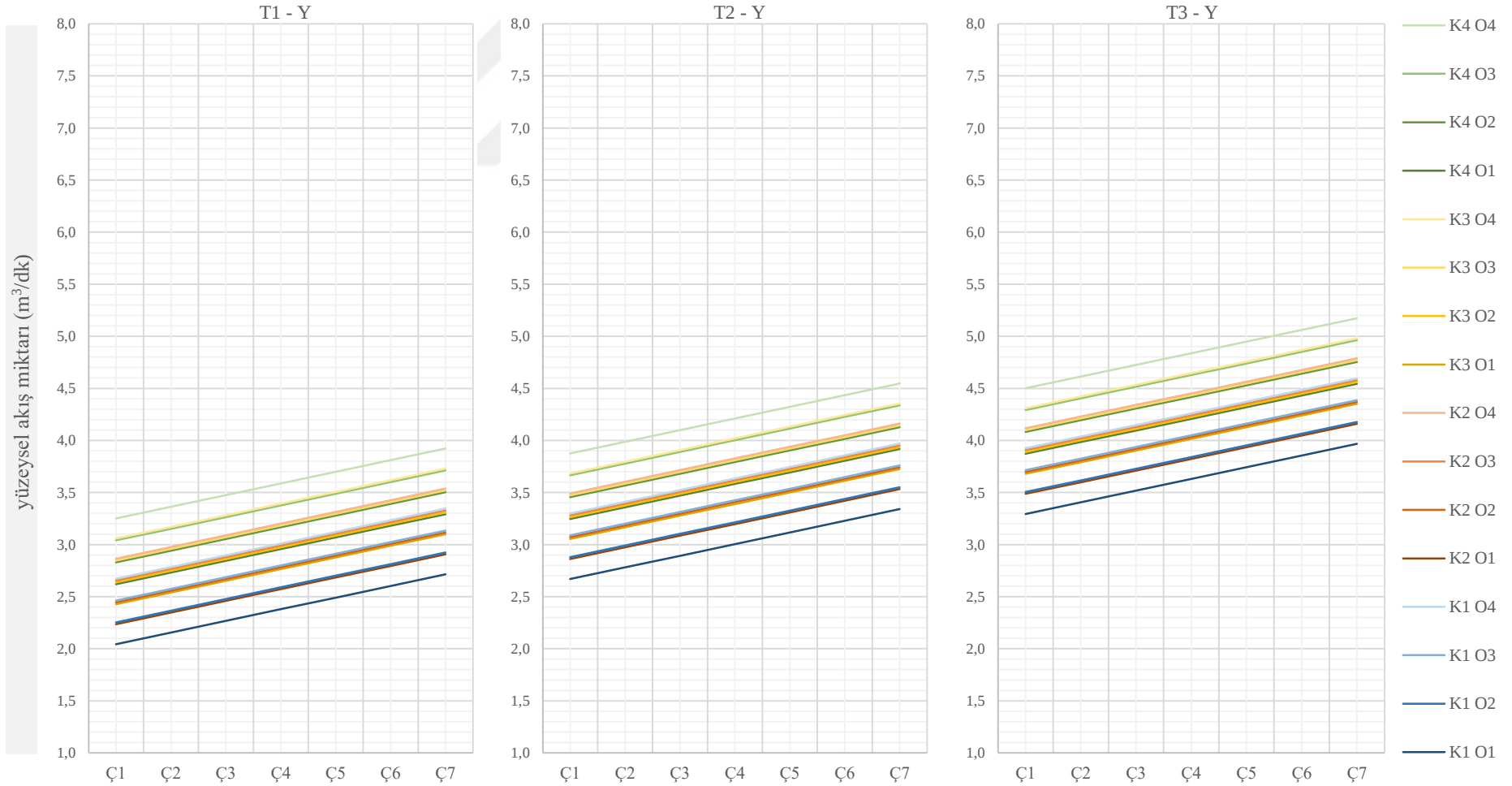


Şekil 5.24 : 8A 2 yerleşmesinin üstten görünüşü.

Yüzeysel akış miktarındaki artış eğiliminin aynı olduğu T1-Y, T2-Y ve T3-Y grafikleri incelendiğinde; 8A 2 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akış miktarı $5,17 \text{ m}^3/\text{dk}$ ile yüzeysel akış katsayıları en yüksek olan ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonunda, en düşük yüzeysel akış miktarı ise $2,04 \text{ m}^3/\text{dk}$ ile yüzeysel akış katsayıları en düşük olan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda gerçekleşmiştir (Şekil 5.26). Bu durumda, yüzeysel akış katsayısı düşük ve geçirimli malzemeler seçildiğinde 8A 2 yerleşmesinde oluşan yüzeysel akış miktarının %60,50 oranında azaltılabileceği görülmektedir.



Şekil 5.25 : 8A 2 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.



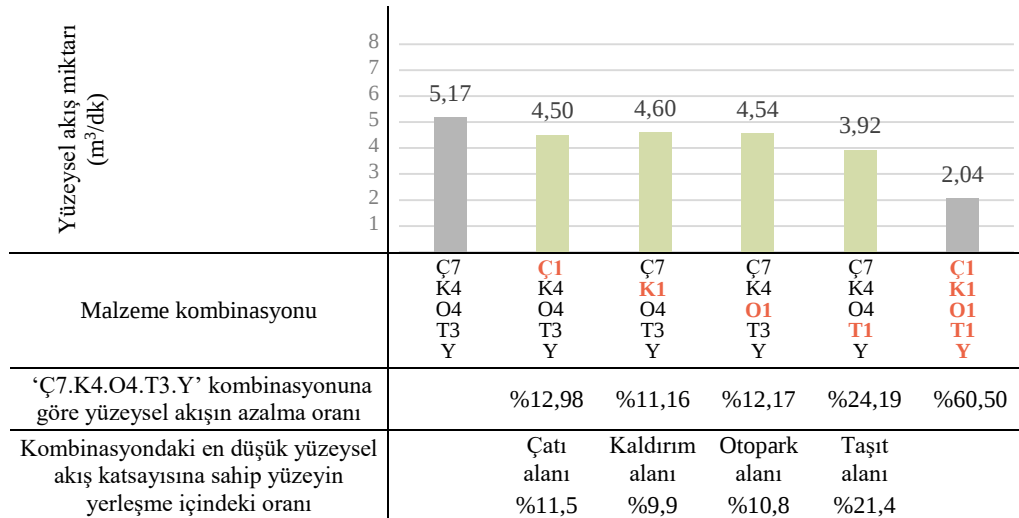
Şekil 5.26 : 8A 2 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeyel akış miktarları.

8A 2 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akışın olduğu ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonuna göre;

- Sadece çatı alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %12,98 oranında,
- Sadece kaldırım alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K1.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %11,16 oranında,
- Sadece otopark alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O1.T3.Y’ kombinasyonunda %12,17 oranında,
- Sadece taşıt yolu alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O4.T1.Y’ kombinasyonunda %24,19 oranında,
- Bütün alanlarda, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzemeler seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda ise %60,50 oranında bir azalma meydana gelmektedir.

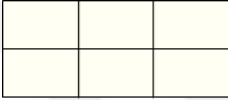
Çizelge 5.17’de görüldüğü gibi; 8A 2 yerleşmesinde, en büyük alana (%21,4) sahip taşıt yolu malzemelerinin yüzey akış katsayıları, yerleşmede meydana gelen yüzeysel akışın azaltılmasında en etkili değişken olmuştur. Taşıt yolu malzemelerinde en düşük yüzey akış katsayısı önerildiğinde yüzeysel akışın azalması en yüksek oranda (%24,19) gerçekleşmiştir. Benzer biçimde, çatı alanı (%11,5), otopark alanı (%10,8) ve kaldırım alanı (%9,9) malzemelerinin yüzey akış katsayıları küçüldükçe yüzey alanlarıyla doğru orantılı olacak şekilde yüzeysel akış miktarının azalmasına (%12,98, %12,17, %11,16) katkıda bulunduğu görülmektedir.

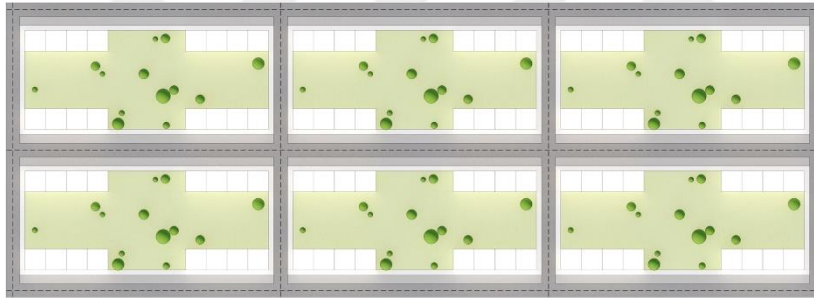
Çizelge 5.17 : 8A 2 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları.



6A 4 yerleşmesindeki yol ve ada düzenlemesi, sıra blok türüne ilişkin bilgiler ve farklı yüzeylerin alanlarının toplam arazi alanındaki oranları, Çizelge 5.18’de, yerleşme planı ise Şekil 5.27’de görülmektedir. 6A 4 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu gibi farklı yüzeylerde farklı malzemeler uygulandığında oluşan yüzeysel akış miktarları Şekil 5.28’de gösterilmektedir. Aynı veriler, değişkenlere bağlı olarak farklı malzeme seçimi yapıldığında oluşabilecek yüzeysel akış miktarının görülebileceği biçimde Şekil 5.29’da da derlenmiştir.

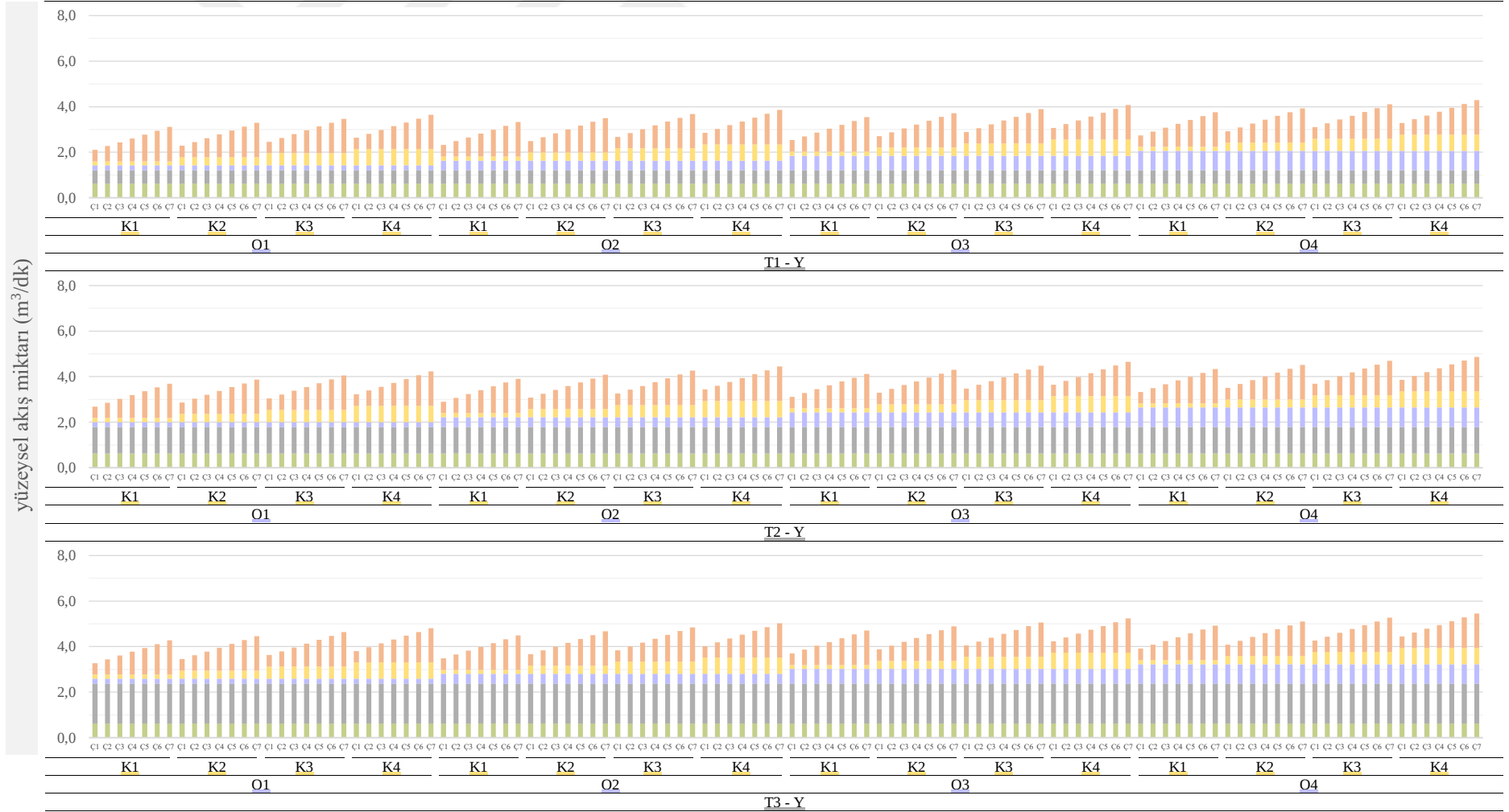
Çizelge 5.18 : 6A 4 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.

Yerleşme Adı	Yol ve Ada Düzeni	Sıra Blok	Arazi Kullanım Oranları (%)				
			Çatı Alanı	Kaldırım Alanı	Otopark Alanı	Taşıt Alanı	Yeşil Alan
6A 4			17,2	9,1	11,0	19,9	42,7

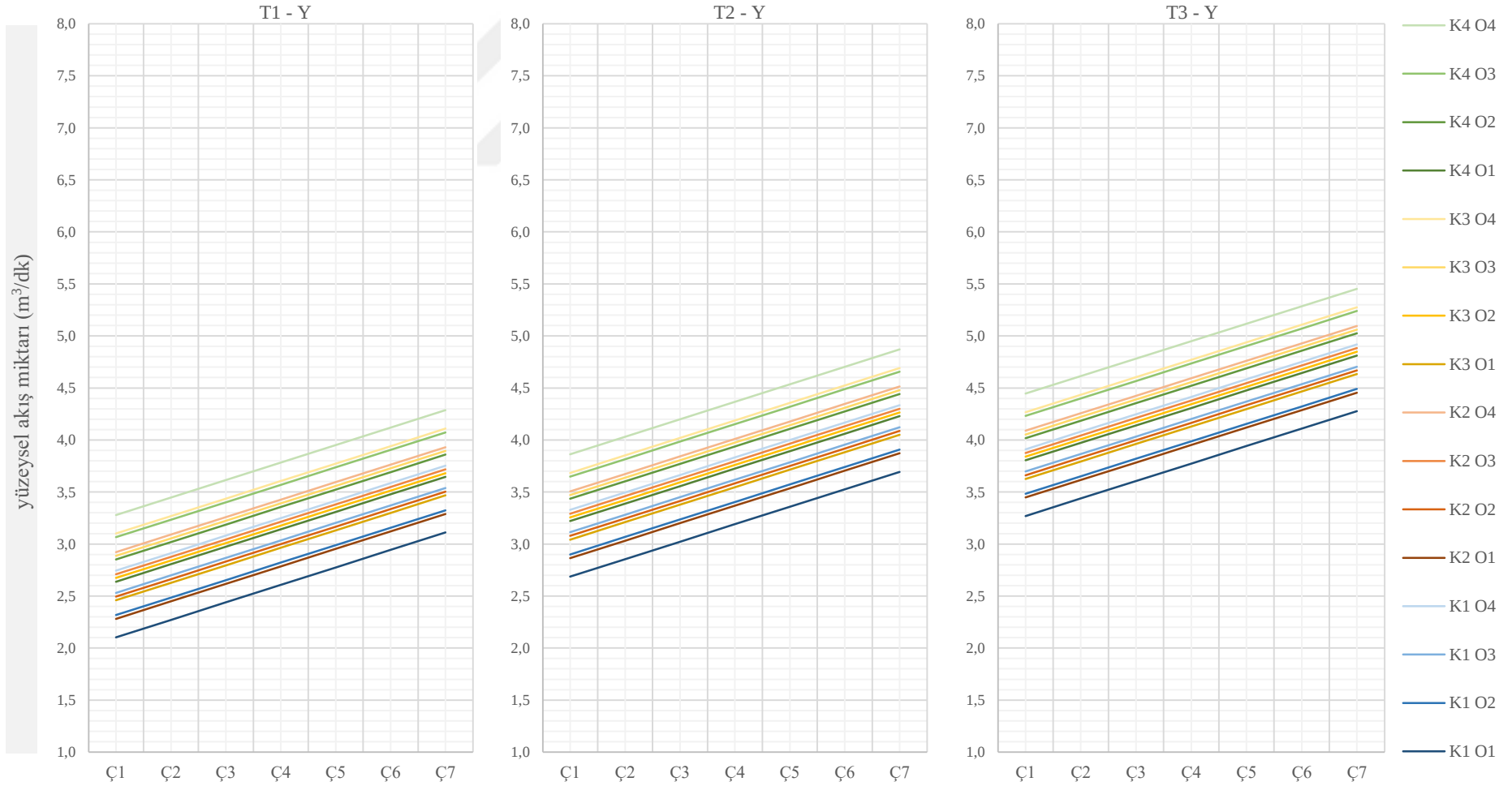


Şekil 5.27 : 6A 4 yerleşmesinin üstten görünüşü.

Yüzeysel akış miktarındaki artış eğiliminin aynı olduğu T1-Y, T2-Y ve T3-Y grafikleri incelendiğinde; 6A 4 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akış miktarı $5,45 \text{ m}^3/\text{dk}$ ile yüzeysel akış katsayıları en yüksek olan ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonunda, en düşük yüzeysel akış miktarı ise $2,10 \text{ m}^3/\text{dk}$ ile yüzeysel akış katsayıları en düşük olan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda gerçekleşmiştir (Şekil 5.29). Bu durumda, yüzeysel akış katsayısı düşük ve geçirimli malzemeler seçildiğinde 6A 4 yerleşmesinde oluşan yüzeysel akış miktarının %61,43 oranında azaltılabileceği görülmektedir.



Şekil 5.28 : 6A 4 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.



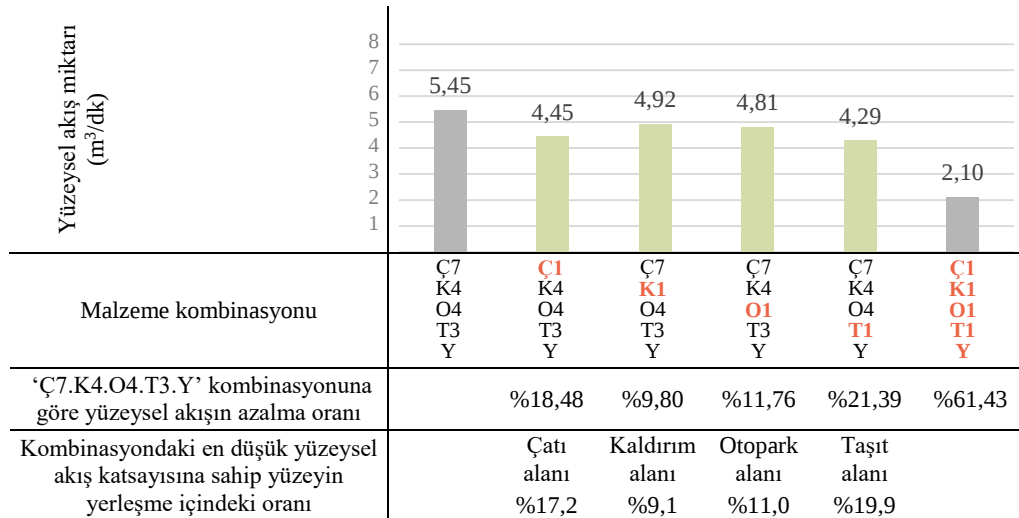
Şekil 5.29 : 6A 4 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeyel akış miktarları.

6A 4 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akışın olduğu ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonuna göre;

- Sadece çatı alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %18,48 oranında,
- Sadece kaldırım alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K1.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %9,80 oranında,
- Sadece otopark alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O1.T3.Y’ kombinasyonunda %11,76 oranında,
- Sadece taşıt yolu alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O4.T1.Y’ kombinasyonunda %21,39 oranında,
- Bütün alanlarda, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzemeler seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda ise %61,43 oranında bir azalma meydana gelmektedir.

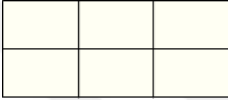
Çizelge 5.19’da görüldüğü gibi; 6A 4 yerleşmesinde, en büyük alana (%19,9) sahip taşıt yolu malzemelerinin yüzey akış katsayıları, yerleşmede meydana gelen yüzeysel akışın azaltılmasında en etkili değişken olmuştur. Taşıt yolu malzemelerinde en düşük yüzey akış katsayısı önerildiğinde yüzeysel akışın azalması en yüksek oranda (%21,39) gerçekleşmiştir. Benzer biçimde, çatı alanı (%17,2), otopark alanı (%11,0) ve kaldırım alanı (%9,1) malzemelerinin yüzey akış katsayıları küçüldükçe yüzey alanlarıyla doğru orantılı olacak şekilde yüzeysel akış miktarının azalmasına (%18,48, %11,76, %9,80) katkıda bulunduğu görülmektedir.

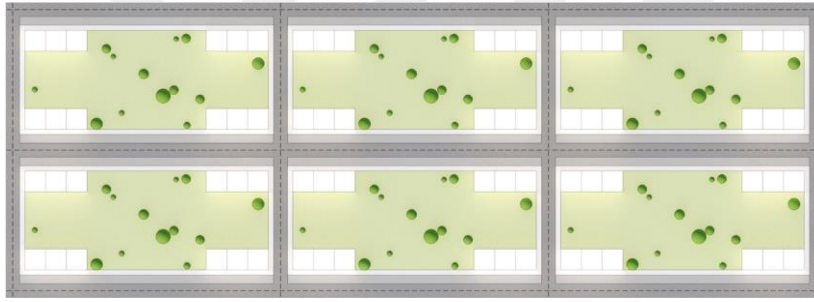
Çizelge 5.19 : 6A 4 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları.



6A 3 yerleşmesindeki yol ve ada düzenlemesi, sıra blok türüne ilişkin bilgiler ve farklı yüzeylerin alanlarının toplam arazi alanındaki oranları, Çizelge 5.20’de, yerleşme planı ise Şekil 5.30’da görülmektedir. 6A 3 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu gibi farklı yüzeylerde farklı malzemeler uygulandığında oluşan yüzeysel akış miktarları Şekil 5.31’de gösterilmektedir. Aynı veriler, değişkenlere bağlı olarak farklı malzeme seçimi yapıldığında oluşabilecek yüzeysel akış miktarının görülebileceği biçimde Şekil 5.32’de de derlenmiştir.

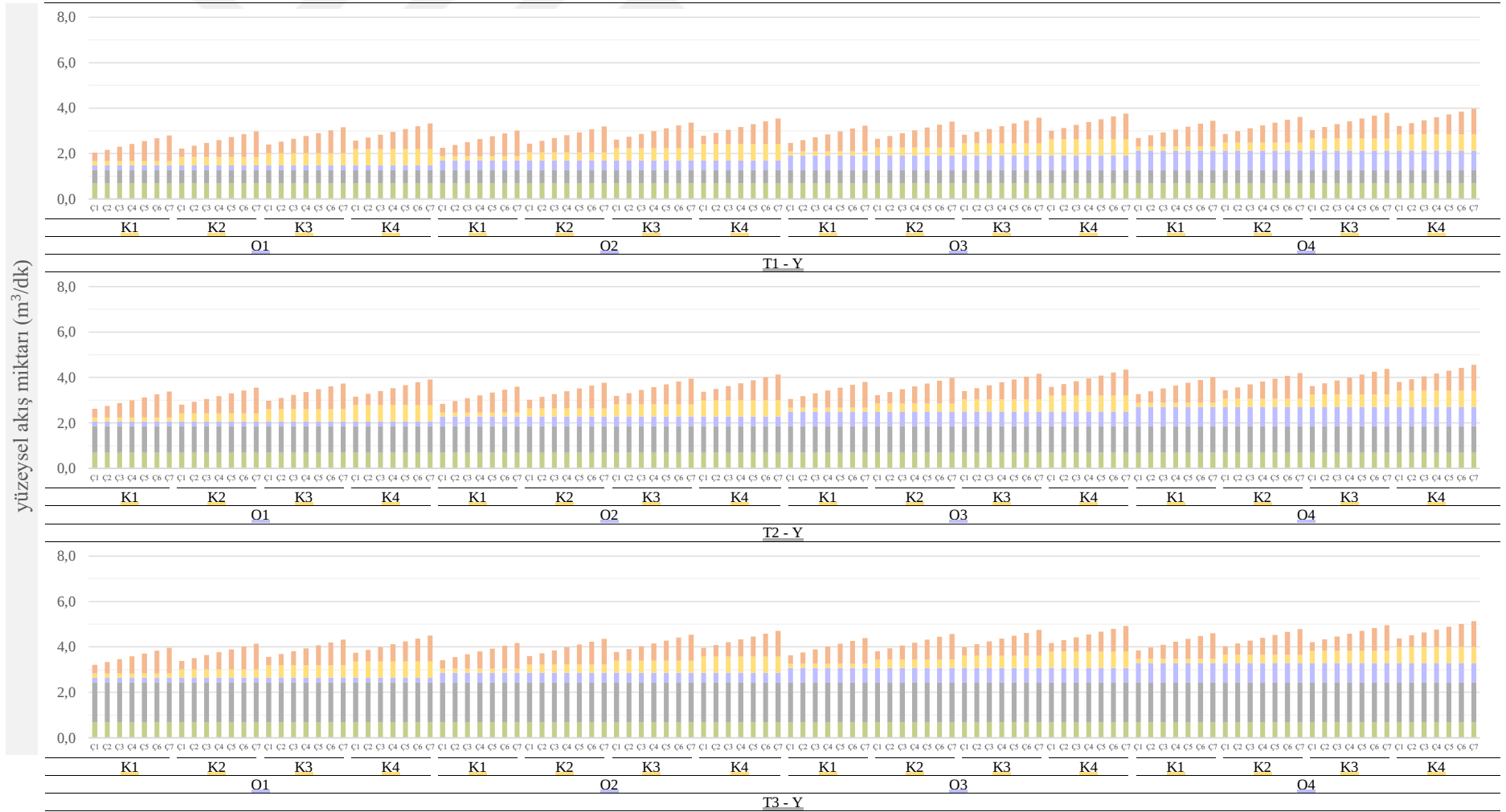
Çizelge 5.20 : 6A 3 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.

Yerleşme Adı	Yol ve Ada Düzeni	Sıra Blok	Arazi Kullanım Oranları (%)				
			Çatı Alanı	Kaldırım Alanı	Otopark Alanı	Taşıt Alanı	Yeşil Alan
6A 3			12,9	9,1	11,0	19,9	47,0

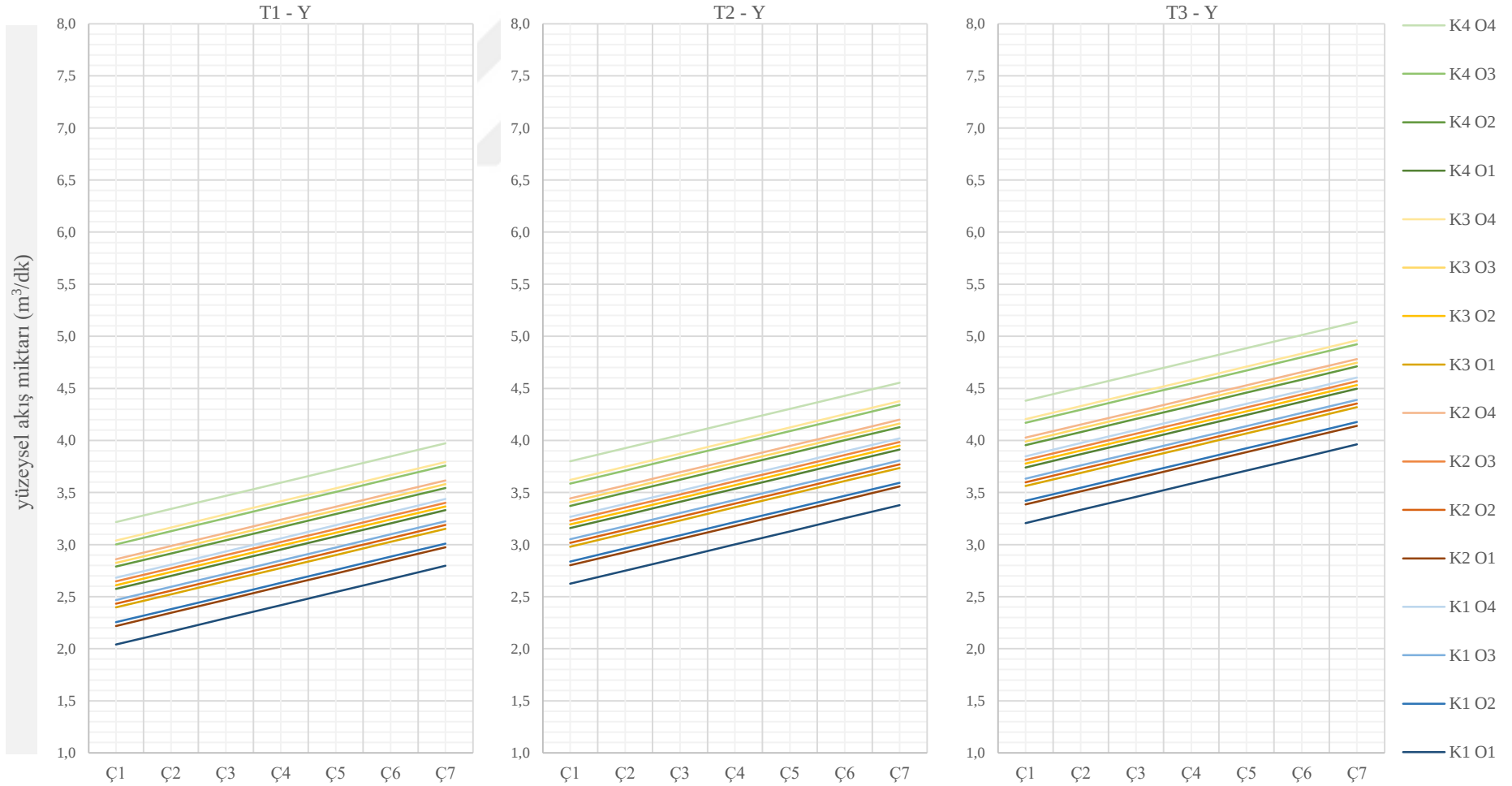


Şekil 5.30 : 6A 3 yerleşmesinin üstten görünüşü.

Yüzeysel akış miktarındaki artış eğiliminin aynı olduğu T1-Y, T2-Y ve T3-Y grafikleri incelendiğinde; 6A 3 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akış miktarı $5,14 \text{ m}^3/\text{dk}$ ile yüzeysel akış katsayıları en yüksek olan ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonunda, en düşük yüzeysel akış miktarı ise $2,04 \text{ m}^3/\text{dk}$ ile yüzeysel akış katsayıları en düşük olan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda gerçekleşmiştir (Şekil 5.32). Bu durumda, yüzeysel akış katsayısı düşük ve geçirimli malzemeler seçildiğinde 6A 3 yerleşmesinde oluşan yüzeysel akış miktarının %60,29 oranında azaltılabileceği görülmektedir.



Şekil 5.31 : 6A 3 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.



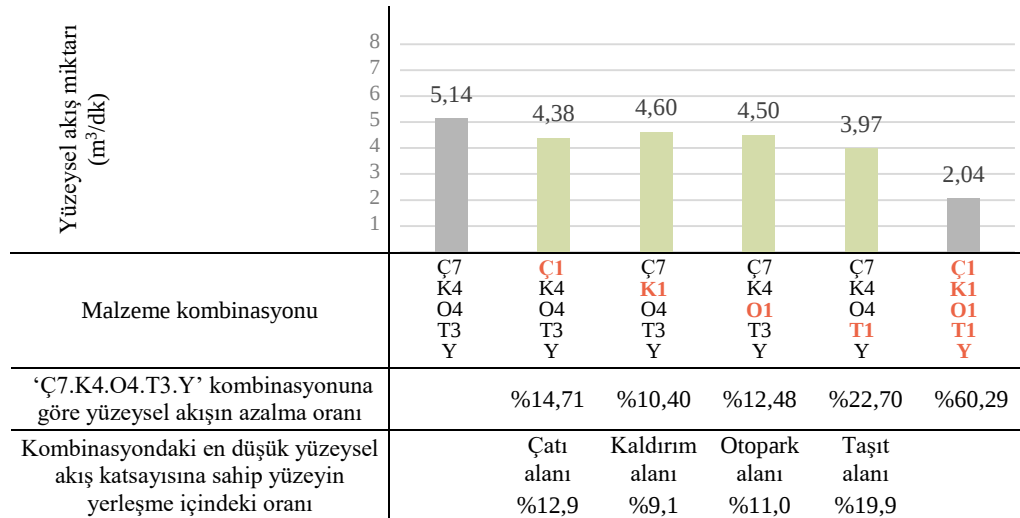
Şekil 5.32 : 6A 3 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeyel akış miktarları.

6A 3 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akışın olduğu ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonuna göre;

- Sadece çatı alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %14,71 oranında,
- Sadece kaldırım alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K1.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %10,40 oranında,
- Sadece otopark alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O1.T3.Y’ kombinasyonunda %12,48 oranında,
- Sadece taşıt yolu alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O4.T1.Y’ kombinasyonunda %22,70 oranında,
- Bütün alanlarda, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzemeler seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda ise %60,29 oranında bir azalma meydana gelmektedir.

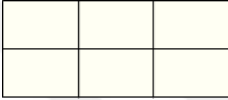
Çizelge 5.21’de görüldüğü gibi; 6A 3 yerleşmesinde, en büyük alana (%19,9) sahip taşıt yolu malzemelerinin yüzey akış katsayıları, yerleşmede meydana gelen yüzeysel akışın azaltılmasında en etkili değişken olmuştur. Taşıt yolu malzemelerinde en düşük yüzey akış katsayısı önerildiğinde yüzeysel akışın azalması en yüksek oranda (%22,70) gerçekleşmiştir. Benzer biçimde, çatı alanı (%12,9), otopark alanı (%11,0) ve kaldırım alanı (%9,1) malzemelerinin yüzey akış katsayıları küçüldükçe yüzey alanlarıyla doğru orantılı olacak şekilde yüzeysel akış miktarının azalmasına (%14,71, %12,48, %10,40) katkıda bulunduğu görülmektedir.

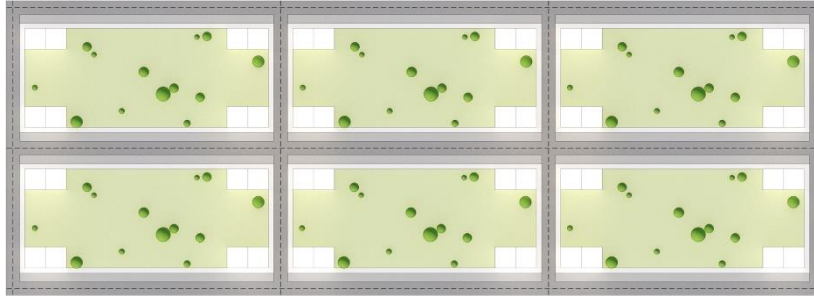
Çizelge 5.21 : 6A 3 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları.



6A 2 yerleşmesindeki yol ve ada düzenlemesi, sıra blok türüne ilişkin bilgiler ve farklı yüzeylerin alanlarının toplam arazi alanındaki oranları, Çizelge 5.22’de, yerleşme planı ise Şekil 5.33’te görülmektedir. 6A 2 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu gibi farklı yüzeylerde farklı malzemeler uygulandığında oluşan yüzeysel akış miktarları Şekil 5.34’te gösterilmektedir. Aynı veriler, değişkenlere bağlı olarak farklı malzeme seçimi yapıldığında oluşabilecek yüzeysel akış miktarının görülebileceği biçimde Şekil 5.35’te de derlenmiştir.

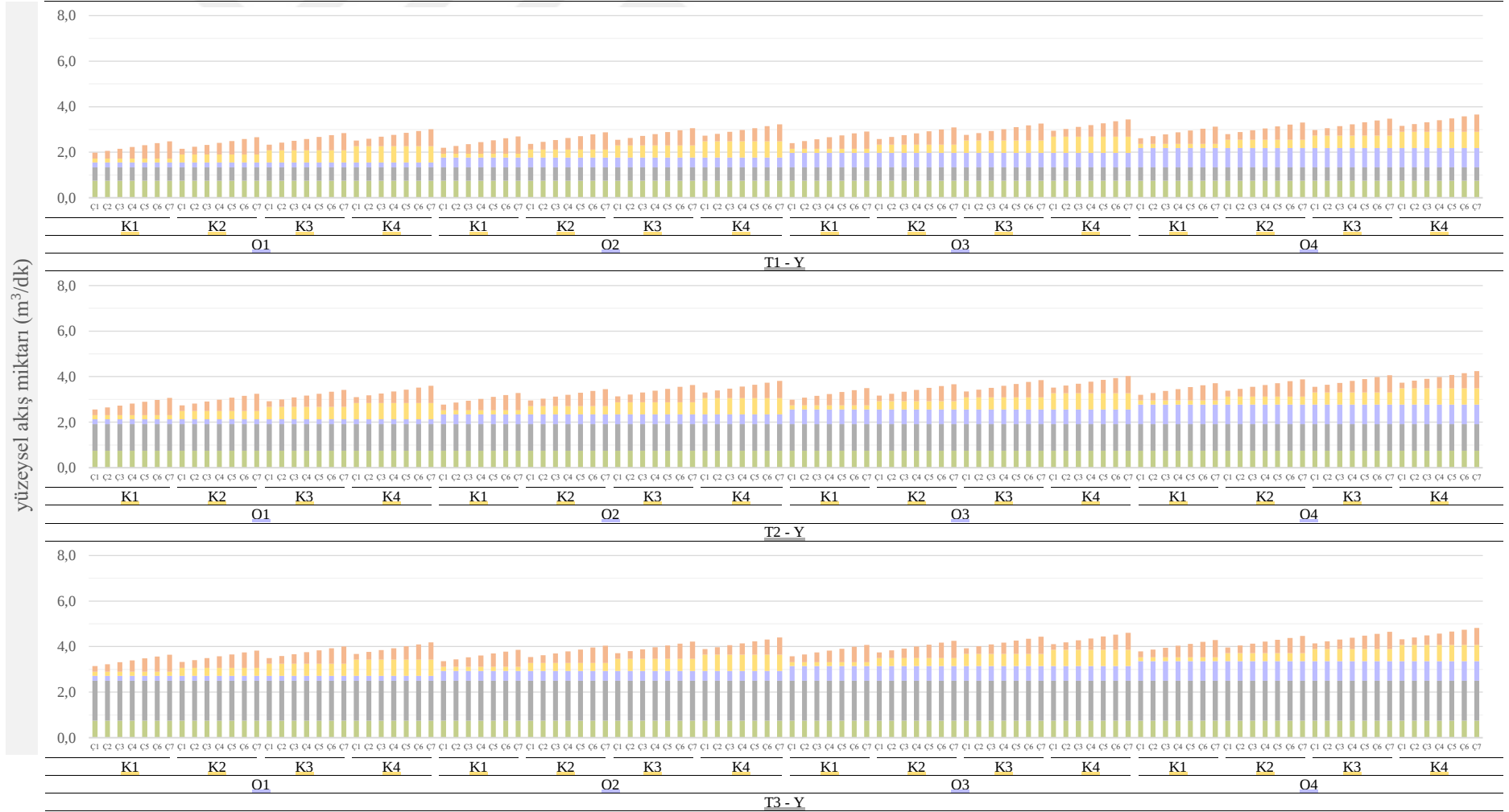
Çizelge 5.22 : 6A 2 yerleşmesine ait arazi kullanım bilgileri.

Yerleşme Adı	Yol ve Ada Düzeni	Sıra Blok	Arazi Kullanım Oranları (%)				
			Çatı Alanı	Kaldırım Alanı	Otopark Alanı	Taşıt Alanı	Yeşil Alan
6A 2			8,6	9,1	11,0	19,9	51,3

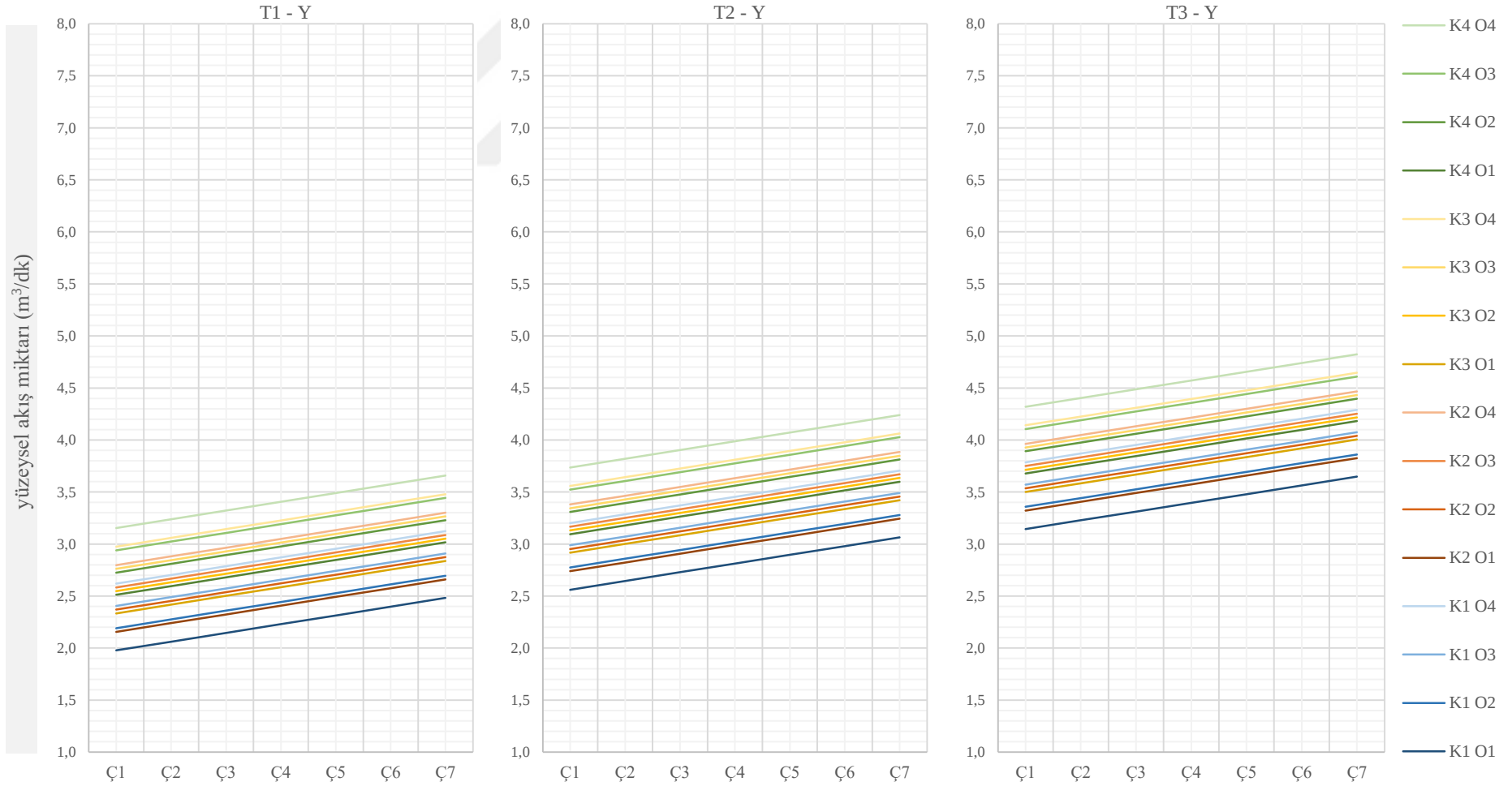


Şekil 5.33 : 6A 2 yerleşmesinin üstten görünüşü.

Yüzeysel akış miktarındaki artış eğiliminin aynı olduğu T1-Y, T2-Y ve T3-Y grafikleri incelendiğinde; 6A 2 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akış miktarı 4,82 m³/dk ile yüzeysel akış katsayıları en yüksek olan ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonunda, en düşük yüzeysel akış miktarı ise 1,98 m³/dk ile yüzeysel akış katsayıları en düşük olan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda gerçekleşmiştir (Şekil 5.35). Bu durumda, yüzeysel akış katsayısı düşük ve geçirimli malzemeler seçildiğinde 6A 2 yerleşmesinde oluşan yüzeysel akış miktarının %59,00 oranında azaltılabileceği görülmektedir.



Şekil 5.34 : 6A 2 yerleşmesinde; oluşturulan 336 malzeme kombinasyonunun her biri için çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alanda oluşan yüzeysel akış miktarları.



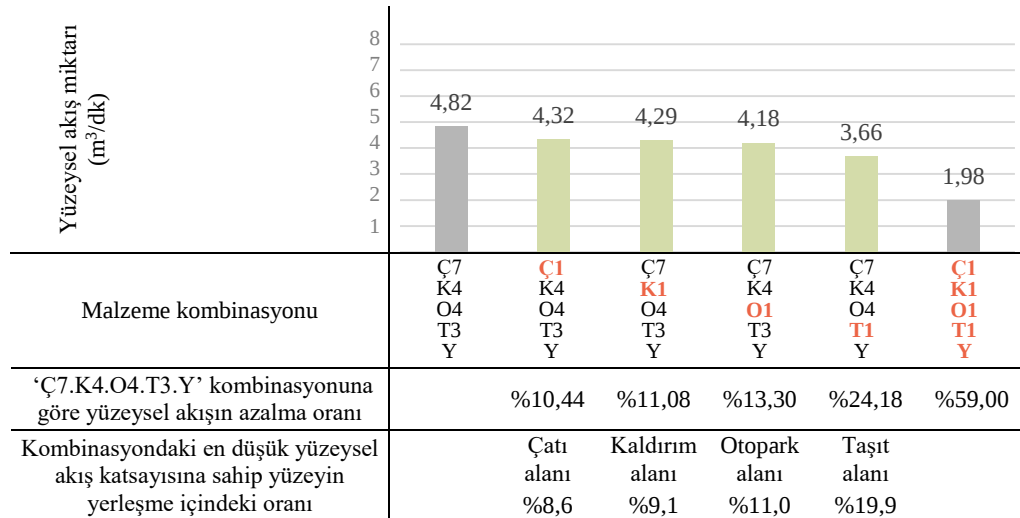
Şekil 5.35 : 6A 2 yerleşmesi için; taşıt yoluna bağlı olarak çatı alanı, kaldırım alanı ve otopark alanındaki farklı malzeme kombinasyonlarıyla oluşan yüzeysel akış miktarları.

6A 2 yerleşmesinde en yüksek yüzeysel akışın olduğu ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonuna göre;

- Sadece çatı alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %10,44 oranında,
- Sadece kaldırım alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K1.O4.T3.Y’ kombinasyonunda %11,08 oranında,
- Sadece otopark alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O1.T3.Y’ kombinasyonunda %13,30 oranında,
- Sadece taşıt yolu alanında, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzeme seçildiğinde oluşan ‘Ç7.K4.O4.T1.Y’ kombinasyonunda %24,18 oranında
- Bütün alanlarda, en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip malzemeler seçildiğinde oluşan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda ise %59,00 oranında bir azalma meydana gelmektedir.

Çizelge 5.23’te görüldüğü gibi; 6A 2 yerleşmesinde, en büyük alana (%19,9) sahip taşıt yolu malzemelerinin yüzey akış katsayıları, yerleşmede meydana gelen yüzeysel akışın azaltılmasında en etkili değişken olmuştur. Taşıt yolu malzemelerinde en düşük yüzey akış katsayısı önerildiğinde yüzeysel akışın azalması en yüksek oranda (%24,18) gerçekleşmiştir. Benzer biçimde, otopark alanı (%11,0), kaldırım alanı (%9,1) ve çatı alanı (%8,6), malzemelerinin yüzey akış katsayıları küçüldükçe yüzey alanlarıyla doğru orantılı olacak şekilde yüzeysel akış miktarının azalmasına (%13,30, %11,08, %10,44) katkıda bulunduğu görülmektedir.

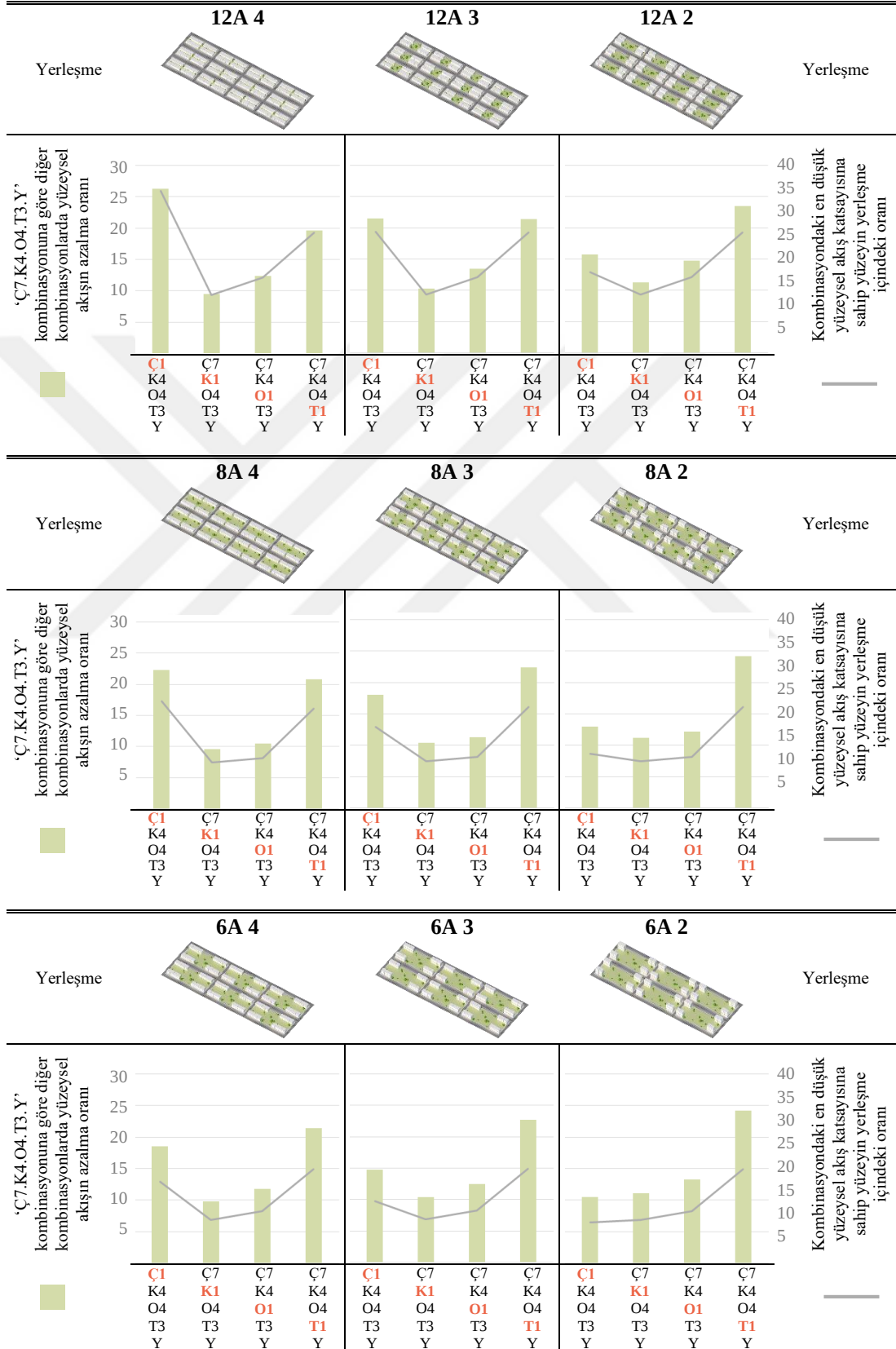
Çizelge 5.23 : 6A 2 yerleşmesinde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak elde edilen yüzeysel akış miktarları ve bu kombinasyonlarda yüzeysel akışın azalma oranları.



Yukarıda her bir yerleşme için verilen T1-Y, T2-Y ve T3-Y grafikleri, yerleşme özelinde incelendiğinde yüzeysel akış katsayısı artan her bir malzemenin oluşturduğu yüzeysel akış miktarının da aynı eğilim ile arttığı görülmektedir. Fakat arazi kullanım oranı değiştikçe bu eğilimin de değiştiği ve yüzeysel akış miktarındaki artış eğiliminin her bir yerleşmede farklı olduğu görülmektedir. Hesaplama sonuçları incelendiğinde aynı yerleşme içerisinde, farklı malzeme kombinasyonlarıyla aynı yüzeysel akış miktarlarının elde edilebileceği görülmektedir. Bu durum, yüzeysel akış miktarını azaltmak amacıyla mevcut bir yerleşmede değiştirilecek yüzey örtü malzemesinin kararı konusunda tasarımcıya esneklik sağlayabilir. Yeni tasarlanacak bir yerleşmede ise farklı alanlar için farklı yüzey örtü malzemesi alternatifleri ile aynı faydanın elde edilebilecek olması, malzeme seçiminde örneğin maliyet vb. başka bir kriterin de göz önünde bulundurulabileceğini göstermektedir.

Yerleşmelerde çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarının yüzeysel akış miktarına etkisini gözlemlemek amacıyla bu yüzey alanlarından yalnızca bir tanesi için yüzeysel akış katsayısı en düşük olan geçirimli malzeme seçilirken diğer alanlarda yüzeysel akış katsayısı en yüksek olan geçirimsiz malzemeler seçilmiş ve oluşan yüzeysel akış miktarları karşılaştırılmıştır. Her yerleşme için yukarıda detaylı olarak incelenen grafiklerde, yüzeysel akışın azaltılması amacıyla tek bir alanda yapılan malzeme iyileştirmesi bütün alanlarda yapılan malzeme iyileştirmesine göre yetersiz olsa bile yüzeysel akış miktarında önemli ölçüde azalmaya sebep olduğu görülmüştür. Çizelge 5.24'te, bütün yerleşmelerde çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarının yüzeysel akış miktarına etkisi ayrı ayrı görülmektedir. Çizelgede; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarının yerleşme içindeki oranı ne kadar fazla ise o alanda yapılan malzeme değişikliğinin yüzeysel akış miktarını o oranda azalttığı görülmektedir. Bunun yanı sıra, alanın yerleşme içerisindeki oranından bağımsız olarak, geçirimli yüzey örtü malzemeleri seçilerek yapılan tüm iyileştirmelerin yüzeysel akış miktarındaki azalmaya yüksek oranda katkı sağladığı gözlenmiştir. Bu durum, mevcut yerleşme tasarımında veya yeni tasarlanacak yerleşmelerde, herhangi bir alan için önerilen yüzey örtü malzemesinin yüzeysel akış miktarında ne denli önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 5.24 : Kurgulanan yerleşmelerde; çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu alanlarında yapılan malzeme değişikliğine bağlı olarak ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonuna göre yüzeysel akış miktarının azalma oranı ve bu kombinasyonlardaki en düşük yüzeysel akış katsayısına sahip yüzeyin yerleşme içindeki oranı arasındaki ilişki.



Kurgulanan bütün yerleşmelerde oluşan yüzeysel akış miktarının en az ve en fazla olduğu malzeme kombinasyonları birlikte değerlendirildiğinde (Çizelge 5.25); en yüksek yüzeysel akış miktarına sebep olan ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonu yeşil alan oranı en düşük olan 12A 4 yerleşmesinde $7,67 \text{ m}^3/\text{dk}$ ’lık yüzeysel akışa sebep olurken, yeşil alan oranı en yüksek olan 6A 2 yerleşmesinde $4,82 \text{ m}^3/\text{dk}$ ’lık yüzeysel akışa sebep olmuştur. Arazi kullanım oranları farklı olan iki yerleşmede de en fazla yüzeysel akışa sebep olan malzeme kombinasyonları kullanıldığı halde yeşil alan oranının artması yüzeysel akış miktarında %37,10 oranında azalma sağlamıştır. En düşük yüzeysel akış miktarına sebep olan ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda ise, yeşil alan oranı en düşük olan 12A 4 yerleşmesinde $2,48 \text{ m}^3/\text{dk}$ ’lık yüzeysel akış meydana gelirken, yeşil alan oranı en yüksek olan 6A 2 yerleşmesinde $1,98 \text{ m}^3/\text{dk}$ ’lık yüzeysel akış oluşmuştur. Aynı şekilde, bu iki yerleşmede de en az yüzeysel akışa sebep olan malzeme kombinasyonları kullanıldığı durumda yeşil alan oranının artması ile yüzeysel akış miktarında %20,28 oranında azalma olduğu görülmüştür. Bu durum, aynı malzeme kombinasyonları kullanılsa bile, binaların yükseltilerek yeşil alan oranının artırıldığı yerleşmelerde yüzeysel akış miktarında ciddi oranda azalma sağlanabileceğini göstermektedir.

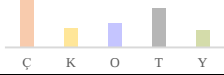
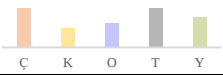
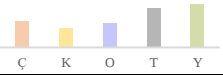
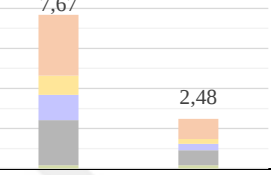
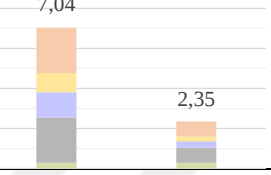
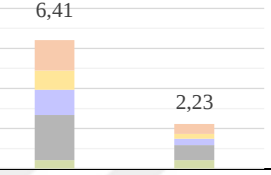
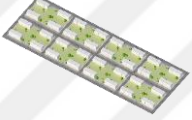
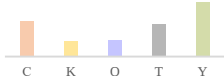
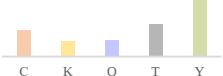
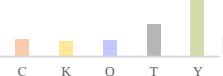
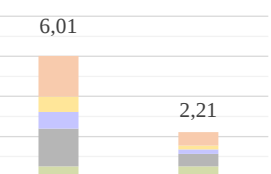
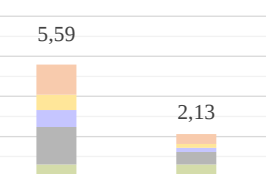
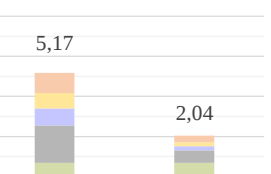
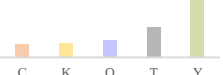
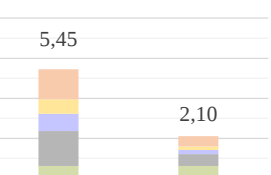
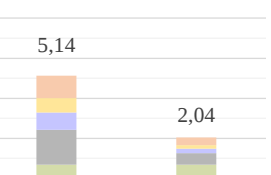
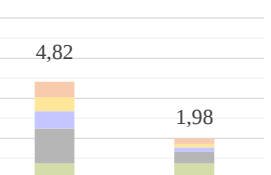
Yüzeysel akış miktarı yerleşmedeki yeşil alan miktarına bağlı olduğu kadar, söz konusu alanlar için kullanılan farklı yüzey malzemelerinin yüzeysel akış katsayılarıyla da doğrudan ilgilidir. Örneğin, en az yeşil alan oranına sahip 12A 4 yerleşmesinde yüzeysel akış katsayıları en düşük olan malzeme kombinasyonu (Ç1.K1.O1.T1.Y) kullanıldığında ve en yüksek yeşil alan oranına sahip 6A 2 yerleşmesinde yüzeysel akış katsayıları en yüksek malzeme kombinasyonu (Ç7.K4.O4.T3.Y) kullanıldığında, 12A 4 yerleşmesindeki yeşil alan oranı daha düşük olmasına rağmen 6A 2 yerleşmesine göre %48,57 oranında daha az yüzeysel akışın oluştuğu görülmüştür (Çizelge 5.25). Bu durumda yerleşmelerdeki yeşil alan oranının artırılmasının yanı sıra, yeşil alan oranı düşük yerleşmelerde kullanılacak geçirimli malzemelerin de yüzeysel akış oranını ciddi derecede azaltabileceği görülmektedir. Başka bir deyişle, yeni bir yerleşme tasarımında yüzey akış suyunun azaltılmasına ilişkin kararlar alınabilmesinin yanında, mevcut bir yerleşmede sadece yüzey örtü malzemelerinin değiştirilmesiyle yüzeysel akış miktarlarının değiştirilebilmesi de olanaklı olacaktır.

Ada sayıları farklı olmasına rağmen zemindeki bina oturum adedi eşit (96 birim) 4 katlı binaların bir araya gelmesiyle oluşan ve bu sayede çatı alan oranı (%17,2) aynı

olan fakat yeşil alan oranları farklılık gösteren 12A 2, 8A 3, 6A 4 yerleşmeleri incelendiğinde yeşil alan oranının artmasıyla yüzeysel akış miktarının azaldığı görülmektedir (Çizelge 5.25). Yine aynı çizelge incelendiğinde; ada sayıları farklı olduğu halde yaklaşık aynı arazi kullanım oranlarına sahip olan 8A 2 ve 6A 3 yerleşmesinde oluşan yüzeysel akış miktarlarının ise çok yakın ($\pm 0,7$) olduğu görülmektedir. Buradan anlaşılmaktadır ki; tasarlanacak yerleşmedeki boyutsal farklılıklar, arazi kullanım oranlarını farklılaştırdığı derecede yüzeysel akış oranına etki etmektedir. Bir başka deyişle arazi kullanım oranları aynı olan farklı yerleşme tasarımlarında aynı malzeme kombinasyonlarıyla eşit miktarda yüzeysel akış miktarı elde edilebilmektedir.



Çizelge 5.25 : Kurgulanan yerleşmelerde; en yüksek ve en düşük miktarda oluşan yüzeysel akış miktarlarının arazi kullanım oranları ile ilişkisi ve en fazla yüzeysel akışın olduğu ‘Ç7.K4.O4.T3.Y’ kombinasyonuna göre en az yüzeysel akışın olduğu ‘Ç1.K1.O1.T1.Y’ kombinasyonunda yüzeysel akışın azalma oranı.

	12A 4	12A 3	12A 2
Yerleşme			
Arazi kullanım oranları			
Yüzeysel akış miktarı (m³/dk)			
Malzeme kombinasyonu	Ç7.K4.O4.T3.Y Ç1.K1.O1.T1.Y	Ç7.K4.O4.T3.Y Ç1.K1.O1.T1.Y	Ç7.K4.O4.T3.Y Ç1.K1.O1.T1.Y
Azalma oranı	%67,65	%66,54	%65,22
	8A 4	8A 3	8A 2
Yerleşme			
Arazi kullanım oranları			
Yüzeysel akış miktarı (m³/dk)			
Malzeme kombinasyonu	Ç7.K4.O4.T3.Y Ç1.K1.O1.T1.Y	Ç7.K4.O4.T3.Y Ç1.K1.O1.T1.Y	Ç7.K4.O4.T3.Y Ç1.K1.O1.T1.Y
Azalma oranı	%63,22	%61,97	%60,50
	6A 4	6A 3	6A 2
Yerleşme			
Arazi kullanım oranları			
Yüzeysel akış miktarı (m³/dk)			
Malzeme kombinasyonu	Ç7.K4.O4.T3.Y Ç1.K1.O1.T1.Y	Ç7.K4.O4.T3.Y Ç1.K1.O1.T1.Y	Ç7.K4.O4.T3.Y Ç1.K1.O1.T1.Y
Azalma oranı	%61,43	%60,29	%59,00

Çalışma kapsamında arazi kullanım oranları farklı olacak şekilde tasarlanan 9 farklı yerleşme ve bu yerleşmelerde yüzey örtü malzemesi olarak kullanılabilecek 336 farklı malzeme kombinasyonu için ayrı ayrı hesaplanan yüzeysel akış miktarlarının $1,5 \text{ m}^3/\text{dk}$ ve $8,0 \text{ m}^3/\text{dk}$ arasındaki dağılım grafiği Çizelge 5.26'da verilmiştir. Hesaplanan yüzeysel akış miktarlarının yerleşmelerdeki dağılımı incelendiğinde, 12A 4 yerleşmesinde daha yüksek miktarda, 6A 2 yerleşmesinde ise daha düşük miktarda yüzeysel akış suyunun olduğu görülmektedir. 6A 2 yerleşmesinde geçirim oranı yüksek yeşil alanın artışı ile yeraltına sızan yağmursuyu miktarı artmış ve diğer yüzeylerden (çatı, kaldırım, otopark ve taşıt yolu) elde edilen yüzeysel akış suyu miktarı da azalmıştır. Böylece, yeşil alanın artırıldığı yerleşme seçeneklerinde, oluşabilecek yüzeysel akış suyu miktarının sadece tasarım kararlarıyla en baştan azaltılabildiği ve yerleşmedeki diğer yüzey alanlarının azalması sebebiyle oluşabilecek minimum ve maksimum yüzeysel akış suyu miktar aralığının da daralabileceği görülmektedir.

Çizelge 5.26'da verilen minimum ve maksimum yüzeysel akış miktarları arasında yapılan dağılım grafiğinde, aynı yerleşme içinde eşit miktarda yüzeysel akışa sebep olan farklı malzeme kombinasyonları olabildiği gibi, yerleşmeler arasında da eşit yüzeysel akış miktarı oluşturan farklı malzeme kombinasyonları oluşturmanın mümkün olduğu görülmüştür. Bu nedenle, $1,98 \text{ m}^3/\text{dk}$ ve $7,67 \text{ m}^3/\text{dk}$ arasında değişen 3024 adet değer için $\pm 0,03 \text{ m}^3/\text{dk}$ 'lık fark ile $2,0 - 3,0 - 4,0 - 5,0 - 6,0 - 7,0 \text{ m}^3/\text{dk}$ değerleri esas alınarak, bu değerlerde oluşan yüzeysel akış miktarının hangi yerleşmede hangi malzeme kombinasyonu tarafından olduğu Çizelge 5.27'de detaylı olarak verilmiştir. Bu çizelgeden anlaşılmaktadır ki, oluşturulan malzeme kombinasyonları birbirinden oldukça farklı geçirgenliğe sahip olmasına rağmen, hem aynı yerleşmede hem de farklı yerleşmelerde eşit miktarda yüzeysel akış suyu oluşabilmektedir. Bu durumun, minimum yüzeysel akış suyunun elde edilmesi amacıyla yerleşme tasarımında boyutların ve bu yerleşmedeki yüzey örtü malzemelerinin kararı konusunda tasarımcılara esneklik sağlayabileceği görülmektedir.



Çizelge 5.26 : Kurgulanan yerleşmelerde farklı malzeme kombinasyonları ile oluşan yüzeysel akış miktarlarının dağılım grafiği.



Çizelge 5.27 : Kurgulanan yerleşmelerde yüzeysel akış miktarına bağlı olarak seçilebilecek alternatif malzeme kombinasyonları ve dağılımı.

Yerleşme adı	Yüzeysel akış miktarı (±0,03 m³/dk)					
	2,0 (m³/dk)	3,0 (m³/dk)	4,0 (m³/dk)	5,0 (m³/dk)	6,0 (m³/dk)	7,0 (m³/dk)
12A 4	-	-	Ç4 K3 O1 T1 Y Ç1 K1 O1 T3 Y Ç2 K2 O4 T1 Y Ç3 K2 O3 T1 Y Ç1 K3 O2 T2 Y	Ç3 K1 O2 T3 Y Ç7 K3 O1 T1 Y Ç4 K1 O1 T3 Y Ç2 K3 O4 T2 Y Ç5 K2 O4 T1 Y Ç3 K3 O3 T2 Y Ç1 K4 O2 T3 Y Ç6 K2 O3 T1 Y	Ç7 K4 O1 T2 Y Ç6 K1 O2 T3 Y Ç2 K4 O4 T3 Y Ç7 K1 O1 T3 Y Ç5 K3 O4 T2 Y Ç3 K4 O3 T3 Y Ç6 K3 O3 T2 Y Ç4 K4 O2 T3 Y	Ç5 K4 O4 T3 Y Ç6 K4 O3 T3 Y
12A 3	-	Ç1 K1 O3 T1 Y	Ç3 K3 O3 T1 Y Ç1 K2 O3 T2 Y Ç4 K2 O3 T1 Y Ç2 K1 O3 T2 Y Ç5 K1 O3 T1 Y Ç1 K4 O4 T1 Y Ç2 K3 O4 T1 Y	Ç6 K4 O3 T1 Y Ç1 K3 O3 T3 Y Ç4 K3 O3 T2 Y Ç7 K3 O3 T1 Y Ç2 K2 O3 T3 Y Ç5 K2 O3 T2 Y Ç3 K1 O3 T3 Y Ç6 K1 O3 T2 Y Ç2 K4 O4 T2 Y Ç5 K4 O4 T1 Y	Ç4 K4 O3 T3 Y Ç7 K4 O3 T2 Y Ç5 K3 O3 T3 Y Ç6 K2 O3 T3 Y Ç7 K1 O3 T3 Y Ç3 K4 O4 T3 Y Ç6 K4 O4 T2 Y	-
12A 2	-	Ç4 K2 O1 T1 Y Ç1 K1 O1 T2 Y Ç2 K1 O3 T1 Y Ç1 K3 O2 T1 Y	Ç4 K3 O1 T2 Y Ç5 K1 O2 T2 Y Ç1 K2 O1 T3 Y Ç7 K1 O1 T2 Y Ç3 K3 O4 T1 Y Ç6 K1 O4 T1 Y Ç5 K3 O3 T1 Y Ç1 K4 O2 T2 Y Ç2 K2 O3 T2 Y Ç7 K3 O2 T1 Y	Ç7 K2 O1 T3 Y Ç3 K4 O4 T2 Y Ç5 K4 O3 T2 Y Ç6 K2 O4 T2 Y Ç2 K3 O3 T3 Y Ç3 K1 O4 T3 Y Ç7 K4 O2 T2 Y Ç5 K1 O3 T3 Y Ç4 K3 O2 T3 Y	Ç6 K3 O4 T3 Y	-
8A 4	-	Ç1 K4 O2 T1 Y Ç2 K4 O1 T1 Y Ç1 K3 O3 T1 Y Ç1 K2 O1 T2 Y Ç2 K3 O2 T1 Y Ç1 K2 O4 T1 Y	Ç7 K1 O3 T1 Y	Ç6 K3 O1 T3 Y Ç7 K4 O2 T2 Y Ç5 K2 O3 T3 Y Ç6 K3 O4 T2 Y Ç6 K2 O2 T3 Y Ç7 K3 O3 T2 Y Ç5 K1 O4 T3 Y Ç7 K2 O1 T3 Y Ç6 K1 O3 T3 Y Ç7 K2 O4 T2 Y Ç7 K1 O2 T3 Y	Ç7 K4 O4 T3 Y	-
8A 3	-	Ç6 K1 O1 T1 Y Ç5 K2 O1 T1 Y Ç5 K1 O2 T1 Y Ç4 K3 O1 T1 Y Ç4 K2 O2 T1 Y	Ç2 K1 O3 T3 Y Ç7 K1 O2 T2 Y Ç1 K3 O2 T3 Y Ç6 K3 O1 T2 Y Ç6 K3 O4 T1 Y Ç1 K2 O3 T3 Y Ç6 K2 O2 T2 Y Ç5 K4 O1 T2 Y Ç5 K4 O4 T1 Y Ç1 K1 O4 T3 Y Ç6 K1 O3 T2 Y Ç5 K3 O2 T2 Y	Ç7 K4 O4 T2 Y Ç7 K3 O2 T3 Y Ç7 K2 O3 T3 Y Ç6 K4 O2 T3 Y Ç7 K1 O4 T3 Y Ç6 K3 O3 T3 Y	-	-
8A 2	-	Ç2 K2 O1 T2 Y Ç4 K3 O2 T1 Y Ç2 K2 O4 T1 Y Ç6 K3 O1 T1 Y Ç2 K1 O2 T2 Y Ç4 K2 O3 T1 Y Ç4 K1 O1 T2 Y Ç6 K2 O2 T1 Y Ç4 K1 O4 T1 Y Ç6 K1 O3 T1 Y	Ç7 K1 O1 T3 Y Ç7 K1 O4 T2 Y Ç2 K4 O1 T3 Y Ç2 K4 O4 T2 Y Ç2 K3 O2 T3 Y Ç4 K4 O3 T2 Y Ç4 K3 O1 T3 Y Ç6 K4 O2 T2 Y Ç2 K2 O3 T3 Y Ç4 K3 O4 T2 Y Ç4 K2 O2 T3 Y Ç6 K3 O3 T2 Y	Ç7 K3 O4 T3 Y	-	-
6A 4	-	Ç3 K4 O1 T1 Y Ç5 K1 O2 T1 Y Ç4 K2 O2 T1 Y Ç3 K3 O2 T1 Y Ç2 K4 O2 T1 Y Ç3 K1 O1 T2 Y Ç2 K2 O1 T2 Y Ç4 K1 O3 T1 Y	Ç2 K4 O1 T3 Y Ç4 K3 O3 T2 Y Ç3 K4 O3 T2 Y Ç4 K1 O2 T3 Y Ç3 K2 O2 T3 Y Ç5 K1 O4 T2 Y Ç2 K3 O2 T3 Y Ç4 K2 O4 T2 Y Ç1 K4 O2 T3 Y Ç3 K3 O4 T2 Y Ç2 K4 O4 T2 Y Ç3 K1 O3 T3 Y	Ç7 K4 O2 T3 Y	-	-
6A 3	-	Ç5 K3 O1 T1 Y Ç1 K4 O1 T1 Y Ç3 K4 O1 T2 Y Ç5 K1 O1 T2 Y Ç3 K1 O1 T2 Y Ç1 K1 O2 T3 Y Ç1 K3 O2 T2 Y Ç1 K1 O2 T2 Y Ç3 K1 O4 T2 Y Ç4 K1 O1 T2 Y Ç1 K2 O3 T1 Y	Ç2 K2 O3 T2 Y Ç5 K3 O3 T3 Y Ç6 K1 O2 T3 Y Ç2 K3 O4 T2 Y Ç3 K4 O3 T3 Y Ç7 K4 O1 T2 Y Ç3 K3 O4 T2 Y Ç5 K3 O4 T1 Y Ç6 K4 O3 T2 Y Ç5 K1 O2 T3 Y Ç3 K3 O1 T3 Y Ç7 K4 O1 T3 Y Ç5 K3 O4 T2 Y	Ç6 K4 O4 T3 Y	-	-
6A 2	Ç1 K1 O1 T1 Y	Ç6 K3 O2 T1 Y Ç1 K3 O4 T1 Y Ç4 K4 O2 T1 Y Ç6 K1 O1 T2 Y Ç1 K1 O3 T2 Y Ç4 K2 O1 T2 Y Ç2 K3 O1 T2 Y Ç6 K2 O3 T1 Y Ç4 K3 O3 T1 Y Ç7 K4 O1 T1 Y Ç2 K4 O3 T1 Y Ç4 K1 O2 T2 Y	Ç4 K3 O2 T3 Y Ç2 K4 O2 T3 Y Ç6 K3 O4 T2 Y Ç4 K4 O4 T2 Y Ç6 K1 O3 T3 Y Ç4 K2 O3 T3 Y Ç7 K3 O1 T3 Y Ç2 K3 O3 T3 Y Ç5 K4 O1 T3 Y Ç7 K4 O3 T2 Y	-	-	-

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sürekli artan nüfus sebebiyle binalara duyulan gereksinim artmış ve kentlerde daha sıkışık yoğun yerleşmeler oluşmaya başlamıştır. Bu durum kentleşmenin de hızlanmasıyla geçirimsiz yüzeylerde kaçınılmaz bir artış meydana getirmiştir. Kentlerde geçirim oranı yüksek yeşil alanların azalarak yeraltına sızan yağmur suyunun azalması ile doğal su döngüsü de bozulmaya başlamıştır. Ayrıca yüksek kentleşme hızı; yağmur suyunun geçirimsiz sert yüzeyler sebebiyle yüzeysel akış suyu olarak kanalizasyona karışması, bu sebeple yeraltı su kaynaklarının beslenememesi, kuraklık gibi olumsuz etkileri de beraberinde getirmiştir. Meydana gelen bu olumsuz etkileri azaltmak amacıyla yerleşme ve bina ölçeğinde, su korunumu açısından faydalı olabilecek yağmur suyu yönetimi yaklaşımlarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında, yerleşme tasarımına ilişkin çeşitli değişkenlerin yağmur suyu yönetimi açısından oldukça önem taşıyan yüzeysel akış miktarına etkisi değerlendirilmiştir. Yüzeysel akış miktarı; yerleşme tasarımına bağlı olarak farklılaşan çatı, kaldırım, otopark, taşıt yolu alanı ve yeşil alan boyutlarına göre değiştiği gibi söz konusu alanlarda kullanılan yüzey örtü malzemesinin geçirim oranına göre de değişiklik göstermektedir. Bu nedenle bu çalışmada, kentleşme oranı yüksek İstanbul ilinde kurgulanan, farklı bina yoğunluğu ve arazi kullanımına sahip 9 farklı yerleşmede 336 farklı yüzey örtü malzemesi kombinasyonunun yüzeysel akış miktarını ne derece etkilediği değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- Eşit sayıda konut birimlerinin bulunduğu yerleşme kurgularında, aynı malzeme kombinasyonlarının oluşturduğu yüzeysel akış miktarları incelendiğinde, binaların yükseltilerek yeşil alan oranının artırılması ile yerleşmelerde oluşan yüzeysel akış miktarının azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca yeşil alan oranının artırıldığı yerleşme seçeneklerinde, söz konusu diğer alanların azalması ile oluşabilecek minimum ve maksimum toplam yüzeysel akış miktarı aralığının da daralabileceği görülmektedir.
- Aynı yerleşmede farklı malzeme kombinasyonları ile eşit yüzeysel akış miktarı elde edilebilmektedir. Bu durumda, mevcut bir yerleşmede yüzeysel akışı

azaltmak amacıyla malzeme iyileştirilmesi yapılacaksa, çeşitli alternatifler ile eşit fayda sağlanabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, yeni tasarlanacak bir yerleşmede de farklı alanlar için seçilebilecek farklı malzeme alternatifleri ile aynı fayda elde edilebileceğinden malzeme seçiminde tasarımcıya esneklik sağlanabilecektir.

- Çeşitli geçirim oranına sahip oldukça farklı malzeme kombinasyonlarıyla, aynı yerleşmede eşit miktarda yüzeysel akış oluşabildiği gibi, farklı yerleşmelerde de aynı yüzeysel akış miktarının oluşabileceği görülmüştür. Buradan anlaşılmaktadır ki, yerleşme tasarımında arazi kullanım oranlarının ve bu alanlar için seçilecek yüzey örtü malzemelerinin kararı konusunda eşit fayda sağlayan çeşitli alternatifler oluşturmak mümkün olacaktır.
- Yüzeysel akış miktarının azaltılması amacıyla herhangi bir alanda malzeme iyileştirmesi yapılacağı takdirde, alanın yerleşme içinde oranı ne kadar fazla ise o kadar yüksek fayda sağlanacağı gözlenmiştir. Ancak iyileştirme yapılan alanın yerleşme içindeki oranı düşük olsa bile, geçirimli yüzey örtü malzemeleri kullanılarak yapılacak her bir iyileştirmenin yüzeysel akış miktarındaki azalmaya önemli katkısı olduğu saptanmıştır.
- Yeni tasarlanacak bir yerleşmede yüzeysel akış miktarının azaltılmasına ilişkin kararlar alınabileceği gibi, mevcut yerleşmelerde de geçirimsiz yüzey örtü malzemelerinin geçirimli malzemeler ile değiştirilmesi ile yüzeysel akış miktarında ciddi azalmalar görülebilmektedir.
- Yerleşme tasarımı farklı olsa bile arazi özellikleri ve kullanım oranı aynı olan farklı yerleşmelerde, aynı malzeme kombinasyonlarıyla eşit miktarda yüzeysel akışın oluşacağı gözlenmiştir. Başka bir deyişle, tasarlanacak yerleşmedeki boyutsal farklılıklar, arazi kullanım oranlarını değiştirdiği ölçüde yüzeysel akış miktarına etki etmektedir.

İstanbul ili için farklı senaryolar da göz önüne alınarak gerçekleştirilen bu değerlendirme çalışmasının; su korunumu açısından yerleşme tasarımına ilişkin alınacak kararlarda tasarımcıların yararlanabileceği bir kaynak olması hedeflenmiştir.

Yüzeysel akışın sebep olacağı olumsuz etkileri tamamen ortadan kaldırmak mümkün olmasa bile, yerleşmelerde yüzeysel akışı azaltmaya yönelik yapılacak her bir iyileştirmenin olumlu yönde değişiklik sağlayacağı görülmektedir. Mevcut yerleşmelerde yapılacak iyileştirmeler, yeni tasarlanacak yerleşmelere kıyasla daha

maliyetli olacağından yerleşmelerde yüzeysel akışı azaltmaya yönelik kararların ön tasarım aşamasında alınması oldukça önemlidir. Yüzey örtü malzemesi ve arazi kullanımı açısından değişiklik yapılması mümkün olmayan mevcut yerleşmelerde ise, çeşitli sürdürülebilir yağmur suyu yönetim stratejileri uygulanarak yüzeysel akış miktarının azalması sağlanabilir. Taşıt yolu ve kaldırım kenarlarına yağmur bahçelerinin eklenmesi, yeşil çatı uygulamalarının yaygınlaştırılması, yağmur suyunun toplanarak peyzaj sulama gibi ihtiyaçlar için kullanılması gibi yaklaşımlar mevcut yerleşmelerde oluşan yüzeysel akış miktarının azalmasına katkı sağlayabilir. Özellikle mevcut yerleşmelere sürdürülebilir yağmur suyu yönetim stratejileri uygulandığı durumda, yüzeysel akış açısından elde edilebilecek faydanın belirlenmesi ayrı bir araştırma konusu olarak ele alınabilir.





KAYNAKLAR

- Adhikary, S. K. & Yılmaz, A. G. & Muttil, N.** (2015). Optimal design of rain gauge network in the Middle Yarra River catchment, Australia. *Hydrological Process*, 29, 2582–2599.
- Ahiablame, L. M. & Engel, B. A. & Chaubey, I.** (2012). Effectiveness of Low Impact Development Practices: Literature Review and Suggestions for Future Research. *Water, Air, & Soil Pollution*, 223(7), 4253–4273.
- Apaydın, A.** (2004). *Çakıloba-Karadoruk Akifer Sisteminin (Beypazarı Batısı-Ankara) Beslenme Koşullarının Araştırılması* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Apaydın, A.** (2007). Yeraltısuyu Besleniminin Eğri Numarası (SCS-CN) Yöntemi ile Hesaplanması: Çakıloba-Karadoruk Akifer Sisteminde (Beypazarı-Ankara) Örnek Uygulama. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi*, 28(3), 159-172.
- Atık Su Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik.** (2017). T. C. Resmi Gazete, 29940, 6 Ocak 2017.
- Balciunas, P.** (2021). Flooding! Why Lakes And Retention Ponds Fail To Manage Stormwater Runoff [Fotoğraf]. L.E.W. Inc. Erişim: 7 Mayıs 2022, <https://www.lewincfl.com/blog/flooding>
- Bay Area Stormwater Management Agencies Association (BASMAA).** (1999). *Design Guidance Manual for Stormwater Protection* (1999 Edition). San Francisco: Tom Richman and Associates.
- Bernard, M. M.** (1932). Formulas for Rainfall Intensities of Long Duration. *Transactions, American Society of Civil Engineers*, 96, 592-624.
- Binet, H.** (2015). *Diana, Princess of Wales Memorial Fountain by Gustafson Porter* [Fotoğraf]. Metalocus. Erişim: 24 Nisan 2022, <https://www.metalocus.es/en/news/diana-princess-wales-memorial-fountain-gustafson-porter#>
- Biswas, R. R. & Sharma, R. & Gyasi-Agyei, Y.** (2022). Adaptation to Climate Change: A Study on Regional Urban Water Management and Planning Practice. *Journal of Cleaner Production*, 355, 131643.
- Cain, D.** (t.y.). The water cycle [Görsel]. NOAA/NWS (National Weather Service). Erişim: 25 Nisan 2022, <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/freshwater/water-cycle>
- Cahill, T.H.** (1939). *Low Impact Development and Sustainable Stormwater Management* (2012 Edition). Canada: John Wiley & Sons.
- Chin, D. A.** (2018). On relationship between curve numbers and phi indices. *Water Science and Engineering*, 11(3), 187-195.

- Chow, V.T., Maidment, D.R. & Mays, L.W.** (1988). *Applied Hydrology*. New York: McGraw Hill.
- Coutts, A. M. & Tapper, N. J. & Beringer, J. & Loughnan, M. & Demuzere, M.** (2012). Watering our cities: The capacity for Water Sensitive Urban Design to support urban cooling and improve human thermal comfort in the Australian context. *Progress in Physical Geography*, 37(1), 2-28.
- Çapar, G.** (2019). Su Kaynakları Yönetimi Ve İklim Değişikliği. *İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 8*. Ankara, Türkiye: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Deger, İ. H., Yüce, M. İ. & AYTEK, A.** (2019). Doğu Akdeniz Bölgesi Yağış Şiddet-Süre-Tekerrür Analizi. *10. Ulusal Hidroloji Kongresi*, Türkiye, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi: 9-12 Ekim.
- Demir, D.** (2012). *Konvansiyonel Yağmursuyu Yönetim Sistemleri ile Sürdürülebilir Yağmursuyu Yönetim Sistemlerinin Karşılaştırılması: İtÜ Ayazağa Yerleşkesi Örneği* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Durakovac, A., & Sekulic, M.** (2017). (LID) Practice : Use of permeable materials on urban areas of novi sad. *5th International Conference Contemporary Achievements in Civil Engineering*, Subotica, Serbia: 21 Nisan.
- Efe, M.** (2006). *Atık su Ve Yağmursuyu Toplayıcı Sistemlerinin Tasarımı Ve İşletilmesinde Kullanılan Bilgisayar Destekli Modellerin Değerlendirilmesi Ve Bir Örnek Uygulama* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eisenberg, B. & Lindow, K.C. & Smith, D.R.** (2015). *Permeable Pavements*. Virginia, ABD: American Society of Civil Engineers.
- Elkink, A.** (2017). The gen on green roofs. *Build*, 160. Erişim: 5 Mayıs 2022, <https://www.buildmagazine.org.nz/index.php/articles/show/the-gen-on-green-roofs>
- Erdoğan-Sağlam, N. & Düzgüneş, E. & Balık, İ.** (2008). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 25(1), 89–94.
- Erdoğan, E.** (2014). *Düşey Yeşil Sistemlerin Enerji Etkinliklerinin Değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- European Environment Agency (EEA).** (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016, An indicator-based report* (Rapor No: 1/2017, ISSN 1977-8449). Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Environment Agency (EEA).** (2018). Climate change and water - Warmer oceans, flooding and droughts. European Environment Agency. Erişim: 01 Mayıs 2022, <https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2018-content-list/articles/climate-change-and-water-2014>
- Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG).** (1998). *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*. GPO Item No: 0120-A; SuDocs No: A 57.6/2:EN 3/PT.653.

- Fox-Skelly, J.** (2017). Buzullarda saklı hastalıklar yeniden canlanıyor. *BBC Earth*. Erişim: 01 Mayıs 2022, <https://www.bbc.com/turkce/vert-earth-39874249>
- Fraga, J. P. R. & Okumura, C. K. & Guimarães, L. F. & Arruda, R. N. & Becker, B. R. & Oliveira, A. K. B. & Verol, A. P. & Miguez, M. G.** (2022). Cost-benefit analysis of sustainable drainage systems considering ecosystems services benefits: Case study of canal do mangue watershed in Rio de Janeiro city, Brazil. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 24, 695-712.
- Fumero, A.** 2020. *Water Sensitive Urban Design (WSUD) as a climate adaptation strategy* (Yüksek Lisans Tezi). Politecnico di Torino, Italy.
- Gribbin, J. E.** (2014). *Introduction to Hydraulics and Hydrology with Applications for Stormwater Management* (4th ed.). Clifton Park, USA: Delmar Cengage Learning.
- Gülbahar, N.** (2016). A Comparison Study of Some Flood Estimation Methods in terms of Design of Water Structures, *International Journal of Engineering Technologies*, 2(1), 8-13.
- Hawkey, J. & Integration and Application Network.** (2013). *Impervious versus pervious surfaces* [Görsel]. İçinde Stormwater Management, Reducing Water Quantity and Improving Water Quality (s. 2). Erişim: 6 Mayıs 2022, <https://ian.umces.edu/publications/stormwater-management/>
- Hawkey, J. & Integration and Application Network.** (2013). *Infiltration trench* [Fotoğraf]. Erişim: 8 Mayıs 2022, <https://ian.umces.edu/media-library/infiltration-trench/>
- Hawkins, R. H. & Hjelmfelt Jr., A. T. & Zevenbergen, A. W.** (1985). Runoff Probability, Storm Depth, and Curve Numbers. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, ASCE, 111(4), 330-339.
- Hill, J.** (2015). A Return to the Parrish Art Museum [Fotoğraf]. Erişim: 24 Nisan 2022, <https://archidose.blogspot.com/2015/08/a-return-to-parrish-art-museum.html>
- Hinman, C.** (2013). *Rain Garden Handbook for Western Washington, A Guide for Design, Installation, and Maintenance*. Washington: Washington State Department of Ecology, Washington State University Extension.
- Hoban, A.** (2019). Water Sensitive Urban Design Approaches and Their Description. İçinde A.K. Sharma, T. Gardner, D. Begbie (Editör), *Approaches to Water Sensitive Urban Design*, 25-47. Amsterdam, Hollanda: Elsevier.
- Hua, J., Liang, Z. & Yu, Z.** (2003). A modified rational formula for flood design in small basins. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 39(5), 1017-1025.
- InfoDrainage.** (2021). Infiltration Trench. İçinde *Help Documentation*. Erişim 8 Mayıs 2022, <https://help.innovyze.com/display/infodrainage2021v3/Infiltration+Trench>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).** (2022). Summary for Policymakers. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and*

Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

- İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB).** (2018). İstanbul İmar Yönetmeliği, T. C. Resmi Gazete, 30426, 20 Mayıs 2018.
- Janke, B. D. & Finlay, J. C. & Taguchi, V. J. & Gulliver, J. S.** (2022). Hydrologic processes regulate nutrient retention in stormwater detention ponds. *Science of The Total Environment*, 823, 153722.
- Karpuzcu, M.** (1985). *Su Temini ve Çevre Sağlığı*. İstanbul: İ.T.Ü. Matbaası.
- Kayıkçıoğlu, H. H. & Okur, N.** (2012). Sera gazı salınımlarında tarımın rolü. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 25-38.
- Kong, F., Ban, Y., Yin, H., James, P. & Dronova, I.** (2017). Modeling Stormwater Management at the City District Level in Response to Changes in Land Use and Low Impact Development. *Environmental Modelling and Software*, 95, 132-142.
- Kuichling, E.** (1889). The relation between the rainfall and the discharge of sewers in populous districts. *Transactions, American Society of Civil Engineers*, 20, 1-56.
- Laukli, K. & Gamborg, M. & Haraldsen, T. K. & Vike, E.** (2022). Soil and plant selection for rain gardens along streets and roads in cold climates: Simulated cyclic flooding and real-scale studies of five herbaceous perennial species. *Urban Forestry & Urban Greening*, 68, 127477.
- Lim, T.C. & Welty, C.** (2017). Effects of spatial configuration of imperviousness and green infrastructure networks on hydrologic response in a residential sewershed. *Water Resources Research*, 53(9), 8084-8104.
- Lisenbee, W. A. & Hathaway, J. M. & Burns, M. J. & Fletcher, T. D.** (2021). Modeling bioretention stormwater systems: Current models and future research needs. *Environmental Modelling & Software*, 144, 105146.
- Liu, W. & Feng, Q. & Chen, W. & Wei, W. & Deo, R. C.** (2019). The influence of structural factors on stormwater runoff retention of extensive green roofs: New evidence from scale-based models and real experiments. *Journal of Hydrology*, 569, 230-238.
- Loper, S. A. & Anderson, C. J.** (2019). *Rainwater Harvesting State Regulations and Technical Resources* (Rapor No: PNNL-24347 Rev.1). United States of America: Pacific Northwest National Laboratory (PNNL).
- Manteghi, G. & Lamit, H. & Remaz, D. & Aflaki, A.** (2016). Envi-met simulation on cooling effect of melaka river. *International Journal of Energy and Environmental Research*, 4(2), 7-15.
- Martell, C.** (2005). *Standardisation of design flows for coastal catchments in New Zealand* (Rapor No: 272). New Zealand: Land Transport New Zealand.
- McCuen, R. H.** (1998). *Hydrologic Analysis and Design* (2nd Ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Merriman, L. S. & Moore, T.L.C. & Wang, J.W. & Osmond, D.L. & Al-Rubaei, A.M. & Smolek, A.P. & Blecken, G.T. & Viklander, M. & Hunt,**

- W.F. (2017). Evaluation of factors affecting soil carbon sequestration services of stormwater wet retention ponds in varying climate zones. *Science of The Total Environment*, 583, 133-141.
- Mishra, S. K. & Singh V. P. (2003). *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*. Dordrecht, Hollanda: Kluwer Academic Publishers.
- Morin, A. (2012). *Ewha Womans University / Dominique Perrault Architecture* [Fotoğraf]. Archdaily. Erişim: 25 Nisan 2022, <https://www.archdaily.com/227874/ewha-womans-university-dominique-perrault-architecture>
- Müftüoğlu, V. & Perçin, H. (2015). Sürdürülebilir kentsel yağmur suyu yönetimi kapsamında yağmur bahçesi. *İnönü Üniversitesi Sanat Ve Tasarım Dergisi*, 5(11), 27-37.
- New Jersey Department of Environmental Protection (NJDEP). (2004). *New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual*. Erişim: 12 Nisan 2022, https://www.nj.gov/dep/stormwater/bmp_manual2.htm
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2019). Water cycle. Erişim: 12 Mayıs 2022, <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/freshwater/water-cycle>
- Orhan, O. (2021). Mersin ilindeki kentsel büyümenin yer yüzey sıcaklığı üzerine etkisinin araştırılması. *Geomatik Dergisi*, 6(1); 69-76.
- Osorio, C. (2020). *Neighbours deal with the flooding on Cordella Avenue after a severe thunderstorm caused localized flooding in Toronto on July 8, 2020* [Fotoğraf]. The Canadian Press. Erişim: 12 Nisan 2022, <https://www.cbc.ca/news/canada/toronto/toronto-councillors-look-to-resurrect-stormwater-charge-proposal-after-years-of-flooding-and-delays-1.6090327>
- Ostendorf, M. & Morgan, S. & Celik, S. & Retzlaff, W. (2021). Evaluating the potential stormwater retention of a living retaining wall system. *Journal of Living Architecture*, 8(1), 1-18.
- Otopark Yönetmeliği. (2018). T. C. Resmi Gazete, 30340, 22 Şubat 2018.
- Örgün, E. (2015). *Türkiye İçin Yağış Şiddeti-Süre-Tekerrür İlişkilerinin Analizi* (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Palermo, S. A. & Turco, M. (2020). Green Wall systems: Where do we stand?. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 410, 012013.
- Pennington, M. (2012). The Rational Method - Frequently Used, Often Misused. *Water New Zealand Stormwater Conference*. Wellington, N.Z: 01 Mayıs.
- Pirouz, B. & Turco, M. & Palermo, S.A. (2020). A Novel Idea for Improving the Efficiency of Green Walls in Urban Environment (an Innovative Design and Technique). *Water*, 12, 3524.
- Pochodyła, E. & Glińska-Lewczuk, K. & Jaszczak, A. (2021). Blue-green infrastructure as a new trend and an effective tool for water management in urban areas. *Landscape Online*, 92, 1-20.

- Punmia, B. C. & Jain, A.K.** (1998). *Waste Water Engineering*. New Delhi: Laxmi Publications Ltd.
- Puskás-Preszner, A. & Orosz, A. & Kompár, L. & Túri, M. & Palcsu, L.** (2022). Isotopic tracing and quantitative assessment of rainwater in a separate sewer system in Tiszavasvári, Hungary. *Results in Engineering*, 13, 100360.
- Rafiei-Sardooi, E. & Azareh, A. & Shooshtari, S. J. & Parteli, E. J. R.** (2022). Long-term assessment of land-use and climate change on water scarcity in an arid basin in Iran. *Ecological Modelling*, 467, 109934.
- Randalla, M., Sun, F., Zhang, Y. & Jensen, M.B.** (2019). Evaluating Sponge City Volume Capture Ratio at the Catchment Scale Using SWMM. *Journal of Environmental Management*, 246, 745-757.
- Rawls, W. J. & Shalaby, A. & McCuen, R.H.** (1981). Evaluation of Methods for Determining Urban Runoff Curve Numbers. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 24(6), 1562-1566.
- Riye. (t.y).** *Jiangnan District, Nanning by Adapt Studio* [Fotoğraf]. Moool. Erişim: 24 Nisan 2022, <https://moool.com/en/jincheng-nanning-jiangnan-yipin-experience-area-by-adapt-studio.html>
- Sagrelus, P. Ö. & Blecken, G. & Hedström, A. & Ashley, R. & Viklander, M.** (2022). Environmental impacts of stormwater bioretention systems with various design and construction components. *Journal of Cleaner Production*, 132091.
- Schrieke, D. & Farrell, C.** (2021). Trait-based green roof plant selection: Water use and drought response of nine common spontaneous plants. *Urban Forestry & Urban Greening*, 65, 127368.
- Seybert, T. A.** (2006). *Stormwater Management for Land Development*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Sherman, C. W.** (1931). Frequency and Intensity of Excessive Rainfalls at Boston-Massachusetts. *Transactions, American Society of Civil Engineers*, 95, 951-960.
- Shiklomanov, I. A.** (1993). World fresh water resources. İçinde P. H. Gleick (Editör), *Water in Crisis*, (s.13-24). New York: Oxford University Press.
- South River Federation.** (2015). *What You Need to Know About Polluted Runoff Fees* [Fotoğraf]. Chesapeake Bay. Erişim: 12 Nisan 2022, https://cbf.typepad.com/chesapeake_bay_foundation/2015/01/new-best-practices-guide-for-setting-up-stormwater-utilities-and-fee-systems.html
- SusDrain.** (t.y.). Using SuDS. *SusDrain*. Erişim: 24 Nisan 2022, <https://www.susdrain.org/delivering-suds/index.html>
- Sümer, B.** (1992). *Su Temini ve Çevre Sağlığı*. İstanbul: İ.T.Ü Sakarya Mühendislik Fakültesi.
- Şahin, B.** (2016). *Küresel Bir Sorun: Su Kıtlığı Ve Sanal Su Ticareti* (Yüksek Lisans Tezi). Hitit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çorum.

- Şahin, N. İ.** (2010). *Binalarda Su Korunumu* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şahin, N. İ & Manioğlu, G.** (2019). *Water conservation through rainwater harvesting using different building forms in different climatic regions*. 44, 367-377.
- Tibbetts, J.** (2005). Combined sewer systems: down, dirty, and out of date. *Environmental Health Perspectives*, 113(7), A464–A467.
- Topal, M. & Arslan Topal, E. I.** (2012). Elazığ ilinde kanalizasyon sistemlerinin ve arıtma tesislerinin durumu. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(4), 296-302.
- Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (CSB).** (2021). *Binalar İle Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika Uygulama Tebliği* Yayınlanmıştır. Erişim: 18 Mayıs 2022, <https://meslekihizmetler.csb.gov.tr/binalar-ile-yerlesmeler-icin-yesil-sertifika-uygulama-tebligi-yayimlanmistir-haber-261881>
- Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı.** (2018). *Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu* (Rapor No: KB: 3012- ÖİK: 793). On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023). Ankara, Türkiye.
- Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı (TOBB).** (2019). *Ekosistem Esaslı Su Kalitesi Yönetimi*. Erişim: 12 Nisan 2022, <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ekosistem%20Esasli%20Su%20Kalitesi.pdf>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK).** (2011). *Hanehalklarının il ayrımında konuttaki oda sayısına göre dağılımı*. Erişim: 12 Nisan 2022, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109>
- TS EN 16491-1.** (2018). *Yerinde İçilebilir Olmayan Su Sistemleri - Bölüm 1: Yağmur Suyu Kullanımı İçin Sistemler*. Ankara, Türkiye: Türk Standardları Enstitüsü.
- TS 7249.** (2013). *Şehir İçi Yollar Boyutlandırma Ve Tasarım Esasları*. Ankara, Türkiye: Türk Standardları Enstitüsü.
- TS 10551.** (1992). *Şehir İçi Yollar - Otolar için Otopark Tasarım Kuralları*. Ankara, Türkiye: Türk Standardları Enstitüsü.
- United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat).** (2005). *Rainwater Harvesting and Utilisation*. Blue Drop Series, Book 3: Project Managers & Implementing Agencies.
- United States Department of Agriculture - Soil Conservation Service (USDA-SCS).** (1972). *SCS National Engineering Handbook*, Section 4: Hydrology. Washington DC: USDA-SCS.
- United States Department of Agriculture - Soil Conservation Service (USDA-SCS).** (1986). *Urban Hydrology for Small Watersheds Technical Release No 55 (TR-55)*. Washington DC: USDA-SCS.
- United States Environmental Protection Agency (EPA).** (2004). *Report to Congress Impacts and Control of CSOs and SSOs* (Rapor No: EPA 833-R-04-001). Washington, D.C.

- United States Environmental Protection Agency (EPA).** (2021). *Extreme One-Day Precipitation Events in the Contiguous 48 States, 1910–2020* [Grafik]. İçinde Climate Change Indicators: Heavy Precipitation. Erişim: 6 Mayıs 2022, <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-heavy-precipitation#:~:text=Climate%20change%20can%20affect%20the,heavier%20rain%20and%20snow%20storms>.
- Ursavaş, N.** (2020). Suyun inanılmaz yolculuğu. *Bilim ve Teknik*, 630, 74-80.
- Usul, N.** (2008). *Mühendislik Hidrolojisi*. Ankara, Türkiye: ODTÜ Yayıncılık.
- Ünal, U. & Akyüz, D. E.** (2017). Sürdürülebilir kentsel drenaj sistemlerinde yağmur hendeklerinin değerlendirilmesi. *International Journal of Sustainable Engineering and Technology*, 1(1), 15-24.
- Ünal, U. & Akyüz, D. E.** (2017). Sürdürülebilirlik Açısından Yağmur Hendekleri. *Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 2(3), 71-82.
- Wang, Z. & Qi, F. & Liu, L. & Chen, M. & Sun, D. & Nan, J.** (2021). How do urban rainfall-runoff pollution control technologies develop in China? A systematic review based on bibliometric analysis and literature summary. *Science of the Total Environment*, 789, 148045.
- Wijesinghe, W.M.D. & Wijesekera, N.T.S.** (2016). Comparison of Rational Formula Alternatives for Streamflow Generation for Small Ungauged Catchments. *Engineer: Journal of the Institution of Engineers, Sri Lanka*, 44(4), 29-36.
- Wong, T. H. F.** (2006). Water sensitive urban design - the journey thus far. *Australasian Journal of Water Resources*, 10(3), 213–222.
- Yağmursuyu Toplama, Depolama Ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik.** (2017). Yağmursuyu Kanalizasyon Sistemlerinin Etüt, Planlama ve Projelendirilmesine İlişkin Usul ve Esaslar, *T. C. Resmi Gazete*, 30105, 3 Haziran 2017.
- Yao, L. & Chen, L. & Wei, W.** (2017). Exploring the linkage between urban flood risk and spatial patterns in small urbanized catchments of Beijing, China. *International Journal Environmental Research and Public Health*, 14(3), 239.
- Yazdi, M. N. & Scott, D. & Sample, D. J. & Wang, X.** (2021). Efficacy of a retention pond in treating stormwater nutrients and sediment, *Journal of Cleaner Production*, 290, 125787.
- Zhang, S. & Lin, Z. & Zhang, S. & Ge, D.** (2021). Stormwater retention and detention performance of green roofs with different substrates: Observational data and hydrological simulations. *Journal of Environmental Management*, 291, 112682.
- Url-a** < <https://www.sdslimited.com/products/sds-geolight/> >, erişim tarihi 02.05.2022.
- Url-b** < <https://www.aco.co.uk/products/stormbrixx> >, erişim tarihi 02.05.2022.
- Url-c** < <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/maksimum-yagislar.aspx> >, erişim tarihi 01.04.2022.

Url-d <<https://www.haberturk.com/evler-kuculdu-gorsellik-2-planda-kaldi-2281648-ekonomi>>, erişim tarihi 02.04.2022.





EKLER

EK A: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Sarıyer Meteoroloji İstasyonu'nda standart zamanlarda gözlenen en büyük yağış değerleri (mm).



EK A**Çizelge A.1 : Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Sarıyer Meteoroloji İstasyonu’nda standart zamanlarda gözlenen en büyük yağış değerleri (mm).**

GÖZLEM YILI	DAKİKA				SAAT									
	5	10	15	30	1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
2020	7,1	8,2	9,7	11,6	12,6	15,7	18,4	23,9	24,8	25,6	29,8	30,2	30,3	40,6
2019	8,7	9,7	10,2	18,2	20,5	33	36,4	36,6	36,9	37,6	38,7	41,7	49	52,7
2018	11,6	13,8	23,4	29,9	48	53,5	53,8	53,8	65,9	67,9	82,2	92,6	94,4	94,6
2017	10,9	15,8	21,7	36,7	62,2	83,2	86,2	86,3	86,3	87,1	87,3	98,1	98,2	128,9
2016	8,1	9,7	10,5	20,9	37,3	38	38,1	38,1	38,1	38,1	38,1	38,1	38,2	72,1
2015	10,3	12,4	20,8	31,5	52,8	57,7	57,8	57,8	59,8	59,8	59,8	59,8	59,8	59,8
2014	4,8	6,8	8,4	13,5	15,3	18,4	25,2	26,1	26,2	26,6	28,0	31,6	45,6	48,1
2013	9,5	14,3	16,9	23,1	24,5	24,8	24,8	27,3	31,3	33,6	34,1	34,1	34,2	34,2
2012	19,4	21,9	28,0	41,8	56,6	61,9	62,3	65,0	65,9	68,8	72,6	76,3	86,5	138,3
2011	9,3	11,3	13,2	22,2	28,9	29,4	29,6	29,6	29,6	29,6	32,5	38,7	43,3	45,0
2010	10,1	18,0	19,6	24,5	32,3	41,2	61,8	67,6	79,1	79,7	80,2	80,8	96,4	97,8
2009	10,2	11,7	14,6	20,3	21,8	29,2	35,0	42,6	45,9	51,0	51,9	70,3	104,4	107,2
2008	7,7	9,7	10,4	13,2	19,0	25,5	30,1	32,2	33,6	36,9	41,3	54,4	68,1	76,6
2007	4,7	8,3	11,2	13,9	20,1	25,5	27,7	38,5	43,3	52,8	57,4	61,7	67,4	68,4
2006	8,5	9,9	12,1	15,6	21,1	27,2	28,2	28,6	29,0	29,9	35,6	45,9	70,8	90,8
2005	4,6	8,6	10,4	12,1	15,7	21,7	21,9	22,1	22,1	22,7	24,9	26,2	30,8	36,2
2004	9,5	10,3	11,4	20,3	28,2	38,8	41,3	59,1	70,7	75,1	83,8	87,9	87,9	88,0
2003	7,6	10,3	11,4	16,3	20,7	23,4	24,1	24,6	24,9	25,0	26,8	28,8	36,4	37,8
2002	8,8	17,5	22,0	32,6	46,1	51,8	51,9	55,5	56,7	56,8	56,8	57,4	58,6	92,0
2001	9,6	13,2	17,2	26,3	29,8	30,7	31,7	31,7	31,7	31,8	31,8	48,4	51,3	58,9

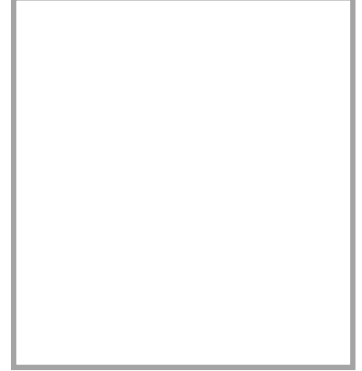
2000	10,4	18,8	26,3	31,5	31,5	52,3	56,0	56,6	68,5	69,4	69,4	70,0	72,4	74,0
1999	12,5	19,4	26,3	35,3	35,3	37,9	37,9	37,9	55,8	57,5	57,5	57,5	63,2	63,2
1998	7,4	8,7	8,9	11,6	16,8	18,8	19,1	19,2	19,3	19,3	20,0	20,2	21,8	51,4
1997	9,0	10,7	12,3	22,5	22,5	32,6	35,9	40,2	47,0	57,6	66,9	74,0	97,6	118,3
1996	6,6	7,2	9,0	11,4	15,7	24,1	25,0	25,0	25,0	25,0	26,8	34,5	49,6	49,6
1995	4,8	8,6	10,9	14,2	26,5	42,6	54,0	59,3	70,7	80,3	83,7	83,8	84,0	103,1
1994	7,5	10,5	14,9	24,3	37,5	39,9	40,3	40,3	40,3	40,3	40,5	40,6	43,9	49,1
1993	7,4	11,3	12,1	15,5	23,1	25,5	28,0	28,0	28,0	28,0	33,1	41,1	47,8	49,3
1992	5,7	7,4	9,4	9,6	11,0	15,6	19,3	22,7	23,5	24,0	25,3	28,0	30,0	30,8
1991	12,8	13,9	18,5	36,3	58,0	62,8	63,1	63,2	63,2	63,2	63,2	63,2	63,2	66,4
1990	7,1	12,4	17,5	24,8	30,5	34,9	38,1	39,7	40,6	40,9	44,5	45,6	54,3	61,0
1989	6,0	9,1	12,5	16,4	21,5	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	24,5	30,0	39,3	39,3
1988	3,5	5,0	7,1	8,1	9,5	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	20,4	25,4	36,2	53,0
1987	7,6	13,8	19,5	25,7	28,5	36,4	44,3	52,0	55,6	64,8	65,1	75,4	77,6	102,0
1986	5,6	6,7	8,2	8,8	9,4	11,6	14,3	16,5	18,8	20,7	22,1	22,3	22,3	32,3
1985	7,0	9,6	10,8	16,3	19,4	25,7	36,4	40,0	45,9	48,8	57,0	58,2	61,0	125,9
1984	14,6	25,9	33,7	51,6	52,7	58,5	59,2	59,4	59,4	59,4	60,9	66,1	66,1	66,1
1983	5,8	9,3	11,1	12,1	13,1	14,8	20,8	27,4	29,5	30,1	30,2	47,3	47,8	50,3
1982	5,9	8,7	10,9	15,2	16,9	16,9	19,0	20,7	22,4	22,7	30,9	35,8	55,6	63,4
1981	7,1	9,8	11,4	13,5	19,4	26,2	26,8	30,3	34,5	41,1	47,1	50,6	51,1	57,1
1980	7,7	11,2	16,4	18,0	20,6	21,4	23,5	24,4	27,2	30,9	38,2	45,6	63,5	73,9
1979	9,4	13,5	16,2	26,1	29,8	38,7	38,7	38,7	38,7	38,7	38,7	44,6	54,7	58,2
1978	4,7	5,2	7,3	8,2	8,4	16,3	24,5	31,2	37,3	43,5	57,5	73,2	86,2	89,8
1977	9,3	13,3	14,4	18,0	25,4	32,3	34,3	44,5	51,2	63,0	72,7	72,7	72,7	96,9
1976	7,7	14,9	22,0	28,3	35,5	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	39,6	41,8
1975	7,5	14,0	18,4	22,4	24,2	24,2	24,2	25,3	30,7	38,1	41,6	41,6	41,6	49,1

1974	3,5	4,4	4,4	4,8	10,2	16,2	18,2	23,7	28,3	33,8	41,1	57,4	69,0	96,7
1973	5,2	5,7	6,9	10,3	11,8	14,0	19,0	19,0	19,0	19,0	21,9	24,1	24,9	36,3
1972	5,5	8,6	10,8	15,4	17,9	21,8	29,8	30,0	30,0	30,0	30,0	35,7	41,0	41,1
1971	3,0	4,0	4,8	5,3	8,2	14,0	14,9	17,2	17,6	19,0	23,6	27,2	40,0	40,0
1970	11,0	12,8	18,4	23,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	34,6	38,3	45,0	45,2	100,9
1969	3,0	4,4	6,3	7,2	9,5	13,4	13,4	16,3	17,7	19,8	26,2	34,1	44,6	45,4
1968	8,1	14,4	17,1	21,2	21,2	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	29,3	32,1	32,6	39,4
1967	13,2	15,3	17,5	25,0	30,3	34,6	35,6	35,7	35,8	35,8	36,0	36,0	36,0	36,0
1966	4,2	6,0	6,0	6,0	6,0	11,0	13,3	14,0	14,0	14,1	14,7	19,1	22,4	36,4
1965	8,9	8,9	17,8	23,0	23,0	26,2	28,2	29,8	32,4	42,7	43,2	46,8	51,3	51,8
1964	6,0	12,0	16,2	32,4	39,8	39,8	39,8	39,8	39,8	39,8	39,8	39,8	39,8	45,8
1963	6,0	12,0	13,6	14,2	14,5	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	17,3	20,0	48,8
1962	2,6	4,9	7,5	11,3	14,3	14,8	14,8	14,8	16,2	16,8	20,1	28,2	28,2	32,3
1961	6,5	7,0	11,0	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	20,8	23,9	28,6
1960	8,0	8,0	8,9	17,7	18,7	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	31,6	35,4
1959	5,9	6,2	7,2	8,1	8,7	9,2	11,2	14,3	18,6	20,7	28,3	44,1	51,5	59,5
1958	6,0	6,5	8,6	8,6	11,5	17,9	18,1	19,2	20,6	25,8	29,1	35,2	44,6	44,6
1957	6,1	7,2	7,9	9,0	9,0	9,0	10,0	11,2	11,8	14,8	21,2	33,8	41,8	50,7
1956	3,0	3,0	3,4	4,4	8,2	16,4	16,4	16,4	18,2	22,4	26,1	28,2	34,1	34,1
1955	3,0	5,9	6,9	8,9	15,0	18,9	21,1	22,6	28,2	31,2	38,4	46,2	58,3	69,8
N	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
Y-ORT	7,56	10,55	13,53	19,02	24,22	29,41	31,74	33,95	36,58	38,90	42,02	47,16	53,67	61,77
Y-EB	19,40	25,90	33,70	51,60	62,20	83,20	86,20	86,30	86,30	87,10	87,30	98,10	104,40	138,30
Std.S	3,11	4,57	6,32	9,94	13,63	15,23	15,63	16,10	17,83	18,71	19,13	19,63	21,24	26,31
Car.K	1,03	0,93	0,91	0,85	1,06	1,21	1,15	1,02	0,96	0,85	0,87	0,80	0,69	1,00
UDF	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3	LP3

2 YIL	7,1	9,8	12,4	17,1	21,0	25,9	28,2	30,4	32,4	34,5	37,6	43,1	49,8	55,6
5 YIL	10,0	14,0	18,2	26,6	33,5	39,6	42,3	44,9	48,5	51,6	54,9	61,0	69,4	79,1
10 YIL	11,7	16,7	22,1	32,9	42,7	49,6	52,4	55,4	60,4	64,1	67,6	73,6	82,5	96,3
25 YIL	13,8	20,0	26,9	40,8	55,1	63,0	66,0	69,5	76,5	81,2	84,8	90,2	99,2	120,1
50 YIL	15,3	22,4	30,5	46,5	64,8	73,6	76,8	80,5	89,4	94,9	98,5	103,0	111,6	139,4
100 YIL	16,6	24,7	33,9	52,0	74,9	84,7	88,0	92,1	103,1	109,3	113,0	116,4	124,0	159,9
200 YIL	17,9	27,0	37,4	57,4	85,4	96,4	99,8	104,3	117,6	124,7	128,5	130,2	136,7	182,0
500 YIL	19,4	29,4	41,2	63,5	97,5	109,7	113,2	118,0	134,2	142,2	146,0	145,7	150,6	207,1
PLF	0,11	0,16	0,22	0,33	0,45	0,52	0,54	0,57	0,63	0,67	0,70	0,74	0,81	1,00
PLV	0,13	0,19	0,24	0,33	0,42	0,50	0,54	0,57	0,61	0,64	0,69	0,78	0,88	1,00



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Halime Firdevs TAŞKIN



ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2018, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü (%100 İngilizce)
- **Yüksek Lisans** : 2022, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Yüksek Lisans Programı

MESLEKİ DENEYİM:

- 2016 yılında Demirland Gayrimenkul ve Yatırım Geliştirme A.Ş.'nde 2 ay süre ile stajyer şantiye mimarı olarak çalıştı.
- 2017 yılında Atölye 5 Mimarlık Ofisi'nde 2 ay süre ile stajyer ofis mimarı olarak çalıştı.
- 2019 yılında AcarArch Mimarlık Ofisi'nde 3 ay süre ile ofis mimarı olarak çalıştı.
- 2020 yılından itibaren İstanbul Teknik Üniversitesi'nde araştırma görevlisi olarak çalışmalarına devam etmektedir.

