

PLANLAMADA JEOLJİK EŞİKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN ANALİTİK BİR MODEL ÖNERİSİ-PORTSMOUTH (İNGİLTERE) ÖRNEĞİ

Şule TÜDEŞ

Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dekanlığı, 06570, Maltepe, Ankara
studes@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 11.03.2011; Kabul/Accepted: 28.04.2011)

ÖZET

Kentsel arazi kullanım kararlarının, kente özgü jeolojik eşik ve özellik kriterlerinin değerlendirilmesi esasına dayanılarak gerçekleştirilmesi, jeotehlike süreçlerinden uzak sürdürülebilir ve sağlam kentler yaratılmasında temel adımdır. Arazi kullanım kararını etkileyen birden fazla kriter olduğunda karar verme karmaşık bir süreç alır. Bu süreçte kriterlerin önceliği ve ağırlığı, kentsel kullanımın amacına göre değişir. Bu noktadan hareketle kentsel alanlar için en doğru kullanım yaklaşımlarını sunabilmek amacıyla coğrafi bilgi sistemleri ile çoklu kriter analiz teknikleri entegre edilerek, çoklu kriter karar destek sistemine dayalı analitik bir model geliştirilmiştir. Model İngiltere'nin güney ucunda yer alan Portsmouth Kenti özelinde uygulanarak, yüksek bloklar, orta katlı binalar, az katlı binalar, sanayi alanları, atık depolama alanları ve açık yeşil alan kullanımları için test edilmiştir.

Anahtar kelimeler: CBS, Çoklu Kriter Karar Destek Sistemi, jeolojik eşik, kentsel alan kullanımı, Portsmouth.

PROPOSAL OF THE ANALYTICAL MODEL ON THE EVALUATION OF THE GEOLOGICAL THRESHOLDS IN PLANNING: CASE STUDY PORTSMOUTH (ENGLAND)

ABSTRACT

The realization of decisions of using of urban area based on geologic threshold and characteristics of the city is basic step at the creation of sustainable and lasting urban. If you have more than one criterion which effect land use decision, decision-making is a complex process. In this process, priority and presence of criteria depends on the purpose of urban use. From this point, An analytical model is developed based on multy criteria decision-making support system via multi-criteria analysis techniques will be integrated with geographic information systems in order to provide the most accurate approach to urban land use. The model applied to the case of the City of Portsmouth in the south end of England were tested for urban land use of blocks of high, medium-rise buildings, low-rise buildings, industrial areas, waste storage areas and open green space.

Key words: GIS, Multy Criteria Decison Making Support System, geologic threshold, using of urban area, Portsmouth.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gelişmiş ülkelerin birçoğunda olduğu gibi İngiltere'de de, nüfus artışının yanı sıra, az gelişmiş ülkelerden gelen göçün de desteklediği konut edindirme sorununa çözüm getirebilmek için kentlerde yeni yerleşim alanı ihtiyacının giderilmesi ve doğru arazi kullanım kararı ile kaynakların yönetimi zorunlu hale gelmiştir. Dolayısıyla çevre ve afet duyarlı planlama yaklaşımları ile sürdürülebilir

yaşam alanları oluşturmak için, en uygun arazi kullanım kararlarının jeolojik eşik ve kaynaklara dayanan değerlendirme ve analizlerle gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

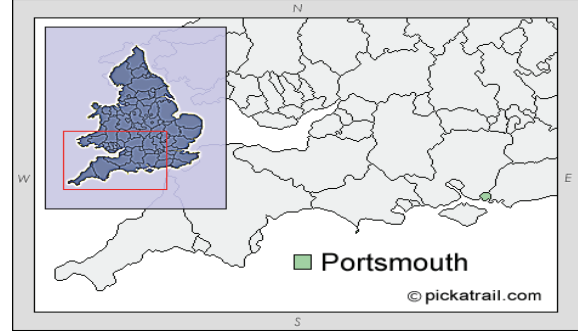
Kentleşme, sıklıkla mühendislik yapıları için uygun yerlerin kazanılmasına ihtiyaç duyar. Kent arazi kullanım planlamasının en önemli amacı, temel doğal kaynakların korunması ve arazi parsellerinin en faydalı kullanımıyla kazanç sağlamak için, bir arazi

parselinin diğeri ile kıyaslandığında avantaj ve dezavantajlarını değerlendirmektir [1]. Bu değerlendirmenin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için arazinin içinde bulunduğu jeolojik eşiklerin detaylı bir şekilde ortaya konması gereği vardır. Bir kenti tehdit eden jeolojik eşik ve çevresel tehlikeler, deprem, heyelan, sel, yer altı sularının kirlenmesi, sivilaşma, çökme vb. olarak sıralanabilir. Bu tehlikeler, kentin, içinde bulunduğu jeolojik, morfolojik, hidrojeolojik, tektonik gibi özellikleri analiz edilmeden gerçekleştirilen arazi kullanım kararlarıyla artar. Bu sebeple farklı arazi kullanımları uzun dönemli kent gelişiminde farklı jeolojik çevreyi göz önünde bulundurmamak zorundadır. Arazi kullanım planlama süreci birçok disiplinin bir arada çalışmasını şart koyan çok yönlü ve çok alternatifli karar verme sürecini gerektirir. Karar verme ise karmaşık bir süreçtir. Kararlar orta veya uzun vadeli hedefleri etkilediğinde, kararlar çok sayıda kritere bağlı olduğunda, karar problemi çok karmaşık olduğunda ve birkaç bilim sahası için uzmanlık bilgisi gerekli olduğunda yargıya varmak zordur [2]. Arazi kullanım kararları genellikle çok yönlü hedefleri, alternatifleri, sosyal ilgileri ve tercihleri içermektedir. 1970'lerin başlarından beri çeşitli araştırmacılar çoklu hedef durumlara ve bunların eş zamanlı olarak davranışları üzerine dikkatlerini yöneltmişlerdir. Bu süreç arazi kullanım planlaması problemlerine uygulanan çok hedefli programlama modellerinin acil olarak öne çıkarılmasını sağlamıştır [3]. Bu bağlamda çok yönlü kriter analiz teknikleri (MCDA), teknolojik, ekonomik, ekolojik ve sosyal yönlerin ele alınması gerektiği karmaşık karar alma ile uğraşmak amacıyla iyi bilinen karar destekleyici araçlardır [4]. Arazi kullanım planlama sürecinde çok kriterli karar verme analiz teknikleri, en doğru arazi kullanım kararlarının verilmesinde karar vericilere büyük destek sağlar.

Bu yaklaşımlar doğrultusunda İngiltere'nin Portsmouth Kenti'nin arazi kullanım planlaması CBS aracılığı ile kentin yerel jeolojik koşullarını baz alan çok kriterli karar destek sistemleriyle analiz edilmiş ve yeni bir analitik model önerisi getirilmiştir.

Kent, İngiltere'nin güney ucunda (Şekil 1) yer alır ve kentin büyük bir kısmı Portsea Adası üzerinde kurulmuştur. Ülkenin gelişme hızına göre 11. kentidir. Kent yerleşim alanı yaklaşık 40 km²'lik bir alan oluşturmaktadır. Araştırma kentte yeni yapılaşmalar için planlamaya yön vermekle birlikte aynı zamanda mevcut yerleşimlerin uygunluğunu da test etmektedir.

Bu değerlendirmeler, kentin, topoğrafik, jeolojik, jeoteknik, taşkın durumu gibi jeolojik eşik ve avantajları ile çevresel kriterlerini bir araya getirir. Çoklu kriter analizi, yüksek bloklar, orta katlı binalar, az katlı binalar, sanayi, atık depolama ve açık yeşil alanlar olmak üzere kentsel kullanım kararlarında uygun bir şekilde ölçülmüş ve ağırlıklandırılmıştır. Bu analizler çeşitli arazi kullanım kategorileri için kentte jeoçevrenin jeolojimsel uygunluğunu değerlendirmek ve bu doğrultuda kentsel rasyonel arazi kullanım kararını verebilmek üzere gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Kentin coğrafi konum haritası (geographic location map of the city)

2. PORTSMOUTH KENT JEOLJİSİ (URBAN GEOLOGY OF PORTSMOUTH)

Başlıca Tersiyer yaşlı tabakalar üzerinde uzanan Portsmouth kenti, yoğun bir şekilde Kuvaterner'den etkilenmiştir [5]. Şehir düz uzanan bir adayı işgal eder. Deniz seviyesinden yükselen eğimli alanlar sadece kuzeye doğru olan belirgin kireçtaşı tabakalarının bulunduğu sırtlardır. Jeolojik olarak, alan, Britanya Adalarının iki major Tersiyer Baseninden birinin içine yerleşmiştir [5]. Bu basenlerin her ikisi de Kretase yaşlı kireçtaşı mostralarıyla çevrelenmiştir. Bu kireçtaşı katmanı bir senklinal içinde Portsmouth Şehrinin altına doğru eğimlidir ve Paleojen yaşlı tortularla uyumsuz olarak üstlenir. Portsmouth'un Paleojen Tabakaları; Lambeth Grup, Thames Grup, Bracklesham Grup olmak üzere üç majör alt birime ayrılır (Şekil 2). Bütün bu Tersiyer yaşlı tabakalar, Kuvaterner ve güncel depolanmalar ile üstlenir [5,6,7].

2.1. Yeraltı Jeolojisi (Solid Geology)

2.1.1. Lambeth Grup (Lambeth Group)

Reading Formasyon (Reading Bed) (LMBE): Kalınlıkları 30-35 m dir [6]. Kireçtaşı Grubunun üzerinde uyumsuz olarak yerleşirler (Şekil 2). Başlıca açık renkli benekli killer ve siltli killerden oluşurlar. Orta (iyi) derece taneli, iyi boylanmalı mercekşel kum kütleleri özellikle taban ve tavanda olmak üzere çeşitli seviyelerde yer alır [6,7]. Yer yer taban katmanında glukonitik kum veya kum ve kil arakatmanları gözlenir. Bu taban katmanının kalınlığı 4-5 m'ye çıkabilir. Seri başlıca renkli, benekli, fosilsiz killer ve ince kumtaşlarından oluşur. Karakteristik renkleri kırmızıdır. Bu kırmızı renk erken palaejen dönemi boyunca gelişen bazı ayrışma derecelerini işaret eder [6,7].

2.1.2. Thames Grup (Thames Group)

Londra Kil Formasyonu (London Clay Formation (LC)): Formasyon, Reading Yataklar'nın üzerinde yerleşir (Şekil 2). Formasyonda, resmi olmayan "Lingula Kumları" ile dört üye tanımlanmıştır [6].

Londra kilinin bölgedeki kalınlığı 77-120 m arasında değişir. Formasyon başlıca gri piritik, biyokarışımli siltli ve iyi taneli kumlu kil ile kalsit çimentolu ve yuvarlanmış çakmaktaşı (flint), çakıltaşı (pebble) yataklarından oluşmuştur. Tabanda glukonitik kumlu yataklar bulunur (Basement Bed). İstif, iyi tanelenmiş merceksele kum kütleleri içerir. Bu sedimanter düzenin yukarı doğru kabalaşmasına (irileşmesine) işaret eder [6]. Her istif, tabakalı kum veya ara katmanlı kanal ile tamamlanır. Bunların bazıları “Lingula Kumları”ndaki gibi çok deniz kabuklu ve kavkılı olabilirler. Bu birimler en alttan üste doğru Bognor Sands (BOS), “Lingula Sands” Portsmouth (Po) ve Whitecliff (Whi) Üyeleri olarak tanımlanırlar. İyi geliştiği yerlerde bu üyeler max 10m ye çıkabilir [6, 7, 8].

Formasyon İngiliz Adalarının mühendislik işleri sayesinde en önemli tabakalardan birisidir. Jeolojik olarak, kuzeye doğru çok fazla Transgresif Marin fazı gösterirler [6]. İstifin sedimanter dönüşümü (cyclic), tabanda (basal) çakıltaşı yatakları, onu takip eden siltli killer ve yukarıya doğru geçen kumlu killer ve kumlardan oluşur. Üst bölge (Top division) kumları fosilsiz olmasına rağmen, istif Marine Fosil karakteri gösterir. Altta istif, septarian nodülleri olarak bilinen büyük kireçtaşı yumrusu (concretions) içerir. Ki bunlar büyük mühendislik işlerinde ve yer araştırmalarında büyük problem oluştururlar [6].

2.1.3. Bracklesham Grup (Bracklesham Group (Eocene-Paleogene))

Bu grup, çeşitli ardışık kil, siltli ve kumlu kil, silt ve kum arakatmanları içerir. Deniz kabukları ve kavkılar, linyit ve çakıltaşı yatakları ilerleyen/gerileyen (transgressive/regressive) sedimanter döngü içindeki depolanmayı işaret eder. Bu katmanların daha büyük bölümü muhtemelen açık deniz çevresinde depolanmıştır. Fakat tuzlu su yumuşakçalarının (brackish water molluscs) ve linyitin bolluğu, zaman zaman daha sınırlı kıyı bataklık çevresinin kurulduğuna işaret eder [7, 8]. Grup, 4 formasyona ayrılır (Şekil 2). Grubun kalınlığı 81-137m arasındadır [6, 7]. En altta Wittering Formasyon bu kalınlığın yarısını oluşturur. Diğer üç formasyon da yaklaşık olarak birbirine eşit kalınlıktadır [6, 7, 8].

Wittering Formasyon (Wittering Formation):

Formasyonun en alt bölümü, mavimsi gri kil ve kumlu, killi siltler ile belirgin çakmaktaşı çakıl yataklarından (flint pebble beds) oluşur. Orta bölümü, kum ve siltli kum ile linyit ve pritize olmuş kabuklu yumuşakçalardan (bivalves) oluşur [7, 8]. Üst bölüm ise deniz kabuklu (shelly) killer, silt ve kumlardan oluşan bir istif oluşturur [7, 8]. Bu bölüm linyitik silt ve çakıltaşı kumların kompleks bir serisi ile üstlenir. Bu en üst bölüm vertebrate faunası içerir [5, 6].

Earnley Kum Formasyonu (Earnley Sand Formation):

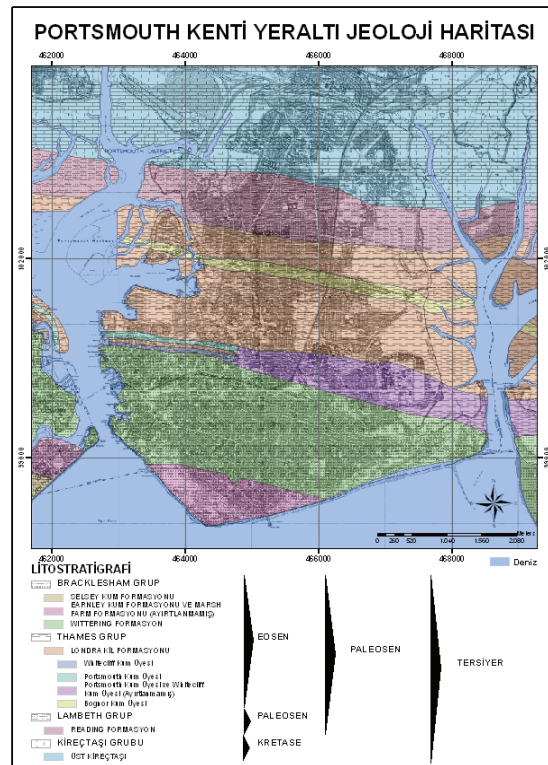
Bütün formasyon, bölgenin batısında ve Portsdown Antiklinali içinde görülür [6, 7, 8]. (Şekil 2). Formasyon 16-25 m kalınlığındadır [6]. Killi, sitli, biotürbititli (biokarışımli, ekolojisi bozulmuş) glukonitik kumlar ile zengin bir yumuşakça faunasından oluşur [7, 8,]. En üst seviyelerde kumlar bolca nummulit içerirler [5, 6, 7, 8]. Bu katmanın tanımlanmasında değerli bir işaretir.

Marsh Farm Formasyon (Marsh Farm Formation):

Bu formasyon 22 m kalınlığa çıkar. Ağırlıklı olarak, ince tabakalı, deniz kabuklu (shelly), killi silt ve sitli kumdan oluşur [6, 7]. Alt kesimlerde deniz yumuşakçaları (marine molluscs) vardır. Fakat yukarı doğru tuzlu, acusu (brackish) formları bulunur [6, 7,].

Selsey Sand Formasyonu (Selsey Sand Formation (Slsy)):

Bu formasyon, bölgenin güney batısından haritalanır (Şekil 2). Deniz kabuklu, kumlu kil ve killi silt arakatmanlıdır. Beraberlerinde ince taban glukonitik kum yatakları bulunur [5, 6, 7]. İstif 25 m kalınlığındadır [6, 7]. Bracklesham Yatakları, glukonitin varlığından dolayı sıklıkla yeşil renkli kumlu killerden, açık renkli kumlardan ve ince tabakalı ve karbonlu depozitlerden oluşur [7]. Çeşitli seviyelerde çakıltaşı yataklarının varlığına dair kanıt vardır. Bu tabaka Portsmouth'ta hayli fosillidir.



Şekil 2. Kentin Yeraltı jeolojisi Haritası [İngiltere Jeoloji Veri Tabanından ve Tarihi sondaj Bloklarından Faydalanarak CBS (CIS) Aracılığıyla Yeniden Düzenlenmiştir.] (Solid Geology Map of Portsmouth)

2.2. Yüzeysel Jeolojisi (Surface Geology)

2.2.1. Kuvaterner (Quaternary)

Kuvaterner depozitlerinin, en yaşlı kuvaterner ile en genç paleojen dönemi arasında yaklaşık 60 milyon yıllık bir süreçte yerleştiği düşünülmektedir. Kuvaterner depozitleri (Şekil 3) orjinlerine göre alt gruplara ayrılırlar. Her bir gruptaki depozitler gittikçe artan bir stratigrafik düzene sahiptir [5, 6, 7, 8].

2.2.1.1. Fluvial ve Organik Depozitler (Fluvial And Organic Deposits)

Nehir Taraça Depozitleri (River Terrace Deposits): Çakıllar ve kumlu çakıl depozitleri güneyde yer alırlar (Şekil 3). Buna karşın daha yüksek taraçalar killidir [6, 7]. Kuzeyde çakıllı kumlar olarak derecelenen daha çok kum içeren depozitler bulunur. Güneyde çakıllar, kuvarslı çakmaktaşı ve nadiren havza dışından gelen kırıntılılar içerir. Genellikle çörtler gibi çakmaktaşı yaygındır [7, 6].

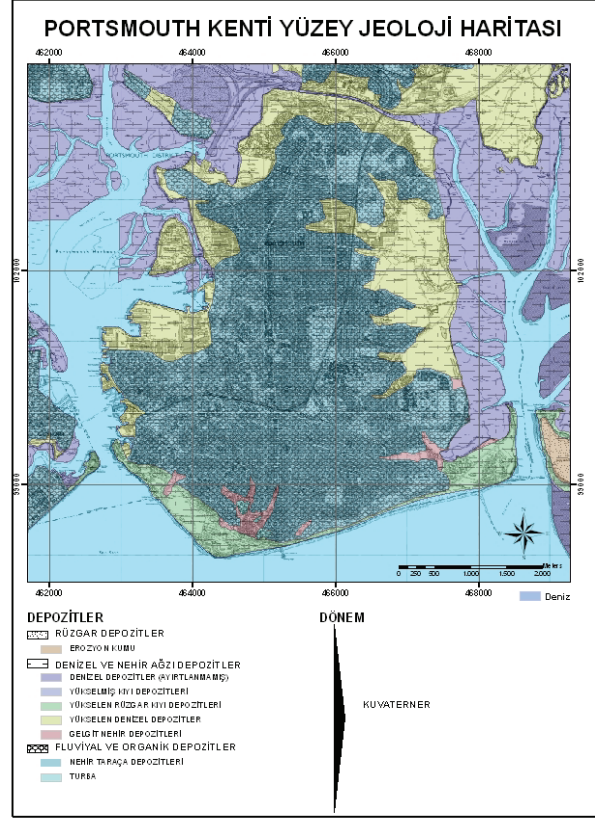
2.2.1.2. Denizel ve Nehir ağzı Depozitleri (Marine And Estuarine Deposits)

Denizel ve Nehir ağzı Depozitleri; ayırtlanmamış Denizel Depozitler, Yükselen Kıyı Depozitleri, yaşlı Yükselen Rüzgar Kıyı Depozitleri ve genç Yükselen Rüzgar Kıyı Depozitleri (Marine Deposits (undifferentiated), Raised Beach Deposits (older), Raised Storm Beach Deposits, Raised Beach Deposits (younger), Raised Marine Deposits) (Şekil 3) olmak üzere 5 grupta incelenirler [5, 6, 7, 8]. *Denizel Depozitler* (Şekil 3) (Marine Deposits, undifferentiated), kıyı düzlüğünde, kavkılı kum yığınları gibi organik çamur, kanal kumu, çakıl ve kum resifleri içerir [6, 7]. *Yükselen Rüzgar Kıyı Depozitleri* (Şekil 3) (Raised Storm Beach Deposits)'nin kalınlıkları yaklaşık 1 m civarında olanlar siltli kum matriksi içinde iyi yuvarlanmış iri çakıl parçaları içerir. Kalınlıkları yer yer 7 m'ye çıkar. *Genç Yükselen Rüzgar Kıyı Depozitleri* (Şekil 3) (Raised Beach Deposits (younger)) [8, 6], kum, çakıllı kum, nadiren kumlu çakıllardan ve iyi yuvarlanmış sahil çakıllarından oluşurlar. Depozitlerin büyük bir kısmı, ince-orta taneli, ince tabakalı, siltli ve az çakmaktaşı ve kireçtaşı çakılları içeren kalkerli kum içerir. Depozitlerin kalınlığı 3-4 m arasında değişir. Ancak Kireçtaşı Formasyonunun üzerinde kalınlığı incedir veya da hiç görülmez [7, 8]. Genç Yükselen Rüzgar Kıyı Depozitleri, Portsea Adasından batıya doğru iri çakıl içerir [6]. *Raised Marine Deposits*, bu terim deniz çamurları ve deniz surları tarafından korunan kumları ayırt etmek için kullanılır [6, 7, 8].

2.2.2. Dolgu Zeminler (Worked And Made Ground)

Alanda çok sayıda kum, çakıl, kil ve kireçtaşı ocakları yer alır ve çıkarılan malzemeler inşaat işlerinde ve dolgu malzemesi olarak kullanılır. Yapay dolgu

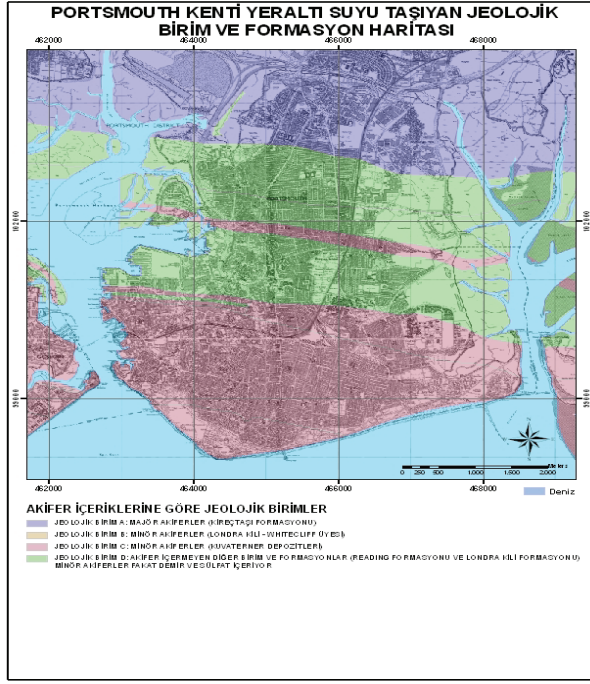
zeminler, Portsmouth ve Langstone limanlarında görülür. Tarihi dönemlerde, limanın denizcilik faaliyetleri sırasında yapılmışlardır [5, 7, 8]. Son yıllarda majör yol ağlarının inşasından dolayı dolgu ve yapılı zeminler artmıştır [5, 7, 8]. Liman dolgu ve yapım malzemeleri palejen ve kuvaterner dönemi materyallerinden oluşmuştur [5, 7, 8].



Şekil 3. Kentin Yüzeysel jeoloji Haritası [İngiltere Jeoloji Veri Tabanından ve Tarihi sondaj Bloklarından Faydalanarak CBS (CIS) Aracılığıyla Yeniden Düzenlenmiştir.] (Surface Geology Map of Portsmouth)

2.3. Hidrojeoloji (Hydrogeology)

Kireçtaşları çalışma alanındaki majör akiferleri içerir (Şekil 4). Paleojen döneminde yerleşen jeolojik birimlerdeki kaynaklardan sağlanan, niteliği ve niceliği değişen suyun miktarı azdır. Yüksek demir ve sülfat konsantrasyonundan kaynaklanan problemlerden dolayı, Reading ve Londra Kil Formasyonunda (Şekil 4) az sayıda su kaynaklarından faydalanılır [9]. Taraça Depozitlerinde yer alan küçük kaynaklardan su sağlanabilmesine rağmen, kaynaklar, kıyı alanlarında deniz suyuna ve kirliliğe karşı duyarlıdır [5, 6, 7, 8]. Çalışma alanında yer alan üst Kireçtaşı Grubu'ndan sağlanan kaynakların verimi 100 L/sn'dir [10, 6]. Kireçtaşları mikroporoz özelliğinden dolayı, düşük yarı iletken permeabiliteye ve birbiriyle ilişkili çatlaklara sahiptir [9]. Paleojen kumları ise poroz özelliktedir [9].



Şekil 4. Akifer içeren formasyon ve jeolojik birimler [İngiltere Jeoloji Veri Tabanından ve [8, 9, 10] Raporları Kullanılarak CBS (GIS) Aracılığıyla Hazırlanmıştır.] (Formation and Geological Units including aquifer)

2.4. Hacim Mineralleri (Bulk Minerals)

Kum ve çakıl birimleri, paleojen taraça depozitleri ve Londra kil formasyonunun Whitecliff Üyesi içerisinde yer alır [6]. Çalışma alanında kireçtaşı sekansı içerisinde çok sayıda kil ocakları vardır. Ayrıca Portsdown'da kireçtaşı çıkarılması için kapatılan büyük miktarlarda kireçtaşı ocakları vardır [9]. Fosfatik kireçtaşları inşaat amaçlı kullanılır. Çalışma alanındaki kiliseler, papaz konutları, büyük hükümet binalar ve çiftliklerin inşaatında, kireçtaşı grubundaki çakmaktaşı nodüllerinin kullanımı yaygındır. Reading Formasyon'dan kum ve tuğla kili elde edilir [6, 9].

2.5. Taşkın Riski (Flooding Risk)

Taşkın olayları insan hayatı üzerinde sosyo-ekonomik negatif etkileri olan, kentleşmesinde tetiklediği, doğal olaylar sonucu gelişen bir jeolojik tehlike sürecidir. Bu sürecin iyi anlaşılması, taşkın olasılıklarının hesaplanması ve risk içeriklerine ve tehlike durumlarına göre taşkın bölgeleme haritalarının oluşturulması sürdürülebilir bir planlama anlayışı için temel gereklerden birisidir.

Portsmouth Belediyesi ve Çevre Ajansı tarafından, olasılık yöntemleri kullanılarak gel-git taşkın (tidal flooding) riski bölgeleme haritası geliştirilmiştir [11]. Buna göre kent yerleşim alanı ve çevresi, taşkın durumunu zonlama açısından; yüksek derecede riskli alanlar, düşük ve orta derecede riskli alanlar ve çok

düşük risk ve risk içermeyen alanlar olmak üzere 3 bölgeye ayrılmıştır. Taşkın bölgeleme haritası analizlerde kullanılmak üzere sayısallaştırılarak GIS veri tabanına eklenmiştir.

3. METODOLOJİ VE PROSEDÜRLER (METODOLOGY AND PROCEDURE)

Uygunluk haritasının hazırlanması arazi kullanımına karar verme öncesindeki en önemli aşamalardan birisidir. Çok sayıda arazi kullanımına özel parametreler ve kriterlerin değişik özellikleri düşünülmelidir [12]. Bunun gibi karışık problem topluluklarının çözümünde çoklu kriterleme tekniği kullanılabilir. Ancak çoklu kriter değerlendirme metodlarının değişik versiyonları bulunmaktadır [12]. Bu versiyonlar son yıllarda bir çok araştırmacı tarafından yer seçiminde ve arazi kullanım planlamasında başarıyla uygulanmaktadır [2, 3, 13, 12, 14, 15, 16].

Çok kriterli karar verme analiz tekniklerinde Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi (AHP), uygulamadaki pratikliği, nitel ve nicel ölçümlerin birlikte değerlendirilebilmesi dolayısıyla en çok kullanılan karar verme metodolojilerinden birisidir. AHP kriterlerin ikili karşılaştırılmasından elde edilen önceliklere dayalı bir ölçüm teorisidir. 1977 yılından itibaren Saaty [17] tarafından geliştirilmesinden bu yana çevresel, ekonomik ve sosyal alanlarda birçok disiplindeki araştırmacılar tarafından kullanılmaktadır.

AHP yönteminin uygunluk çalışmalarında uygulaması oldukça memnuniyet verici sonuçlar getirmektedir [12]. AHP'nin popülerliği, karmaşık karar problemlerinin analizinde gösterdiği basitlik, esneklik, kullanım kolaylığı ve rahat yorumlanması gibi özelliklerden ileri gelmektedir [18]. AHP, çok kriterli değerlendirme probleminde hem niceliksel, hem de niteliksel faktörlerle uğraşmada esneklik gösterir. Dahası, AHP; yer uygunluk analizindeki faktörlerin göreceli önemini yargılamadaki içeriğin hem tesbit edilebilmesi hem de düzeltilmesiyle metodolojik bir çatı sağlar [13].

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde (CBS), AHP'nin integrasyonu; arazi kullanım uygunluğu haritalarının yaratılmasını önemli bir şekilde kolaylaştıran haritalama yetenekleri ve güçlü görselliklerle karar destek metodolojisini birleştirir [2]. Yer seçimine karar verme problemleri, bir seçeneğin ya da daha fazla alternatifin çatışma yaratan, çoklu ve karmaşık değerlendirme kriterlerine dayandırılarak yapılması gereken coğrafi olarak tanımlanmış alternatif kümesini içerir. Alternatifler; analiz sonuçlarının (kararlar), mekansal düzenlemeye bağlı olduğu durumda coğrafi olarak tanımlanırlar. Buna göre, bir çok gerçek-yer mekansal planlama ve idare problemleri, mekansal çoklu kriter karar analizi

(MCDA) veya çoklu kriter karar vermeye dayalı GIS'ni ortaya çıkarırlar [14]. GIS'in önemli bir özelliği, mekansal referans sistemini paylaşan var olan ayrık veri kümelerini entegre ederek yeni bilgiyi ortaya çıkarma yeteneğinin olmasıdır [1, 19]. Teknolojik olarak, coğrafi bilgi sistemleri, arazi kullanım planlamasının desteklenmesinde jeoçevresel değerlendirme açısından güçlü bir araçtır.

Farklı arazi kullanımları farklı jeolojik koşulları gerektirmektedir. Bu sebeple kentin jeolojik çevresi farklı arazilerden faydalanmayı gerektiren birçok faktöre sahip olan karmaşık bir sistemdir. Bu sebeple bu çalışma da farklı arazi kullanımları için jeolojik çevreyi değerlendirmek amacıyla çoklu kriter karar verme analizlerinden AHP metodu kullanılmıştır.

Alanın karakteristik ve yüzey ve yer altı jeolojisi verileri, eğimi, arazi kullanım değerleri, taşkın alanları ve hidrojeolojik özellikleri gibi veriler, ArcInfo GIS yazılımları kullanılarak sayısallaştırılmış ve daha sonra ArcWiew GIS'e transfer edilmiştir. Ayrıca verilerin işlenmesi ve değerlendirilmesinde uzaktan algılama tekniklerinden de faydalanılmış ve ERDAS Imagine 8.7 programı ve <http://landmap.mimas.ac.uk/landmap> adresinden download edilen uydu görüntüsü kullanılmıştır.

2010 yılına ait olan bu uydu görüntüleri 1 m hassasiyete ve 5 m çözünürlüğe sahiptir. Çalışma alanı sınırları dahilinde arazinin fiziksel durumunu gösteren bu görüntüler, gerekli düzenlemeler (ortorektifikasyon işlemleri) yapıldıktan sonra sisteme sayısal yükseklik modeli ile birlikte entegre edilerek girilmiştir. Portsmouth Kenti güncel arazi kullanım haritalarının oluşturulması için, Portsmouth Belediyesi verileri, kentte gerçekleştirilen gözlemsel çalışmalar ve uydu görüntülerinden yararlanılmıştır.

Daha sonra toplanan verilerden Portsmouth Kent sınırları içinde tematik vektör haritalar oluşturulmuştur. Oluşturulan tematik vektör haritalar ArcWiew GIS'e aktarılarak analiz için raster formatına getirilmiştir. ArcWiew GIS içinde raster veriler 20x20'lik gridler olarak tanımlanmıştır. Raster formatına getirilen veriler AHP aracılığı ile hesaplanan ağırlıklı puanlara göre sınıflandırılmış ve her bir arazi kullanımı için, yerleşime uygunluk durumu analiz edilmiştir.

Bu analiz sürecinin sonunda, CBS teknikleri ile çoklu kriter analiz tekniklerinden Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi entegre edilerek mekansal karar destek sistemi kurulmuş ve analitik bir model önerisi getirilmiştir.

3.3. Çok Kriterli Karar Verme Analizi (MCDA), Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

Analitik Hiyerarşi çoklu kriter karar verme analiz yöntemi ile karar verme süreci aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır [20]:

Hiyerarşinin kurulması, önceliklerin tesbiti ve ikili karşılaştırmalar:

Hiyerarşi nasıl yapılandırılır: sonuç üzerinde önemli bir etkisi olan karar vermenin en yaratıcı kısmı problemi modellemektir. AHP'de problem bir hiyerarşi olarak yapılandırılır. Bu, daha sonra detaylıca tarif edilen öncelikleştirme süreciyle devam eder. Öncelikleştirme, bir özellikli ilişkili olarak kıyaslandığında bir elemanın bir diğeri üzerindeki baskınlığı hakkındaki sorulara cevap vermede, kararları açıklığa kavuşturmayı içerir [21].

AHP'deki primer adım; genel amaç, kriterler ve karar alternatiflerine yönelik grafiksel bir sunum oluşturulmasıdır (Şekil 5). Böylece oluşturulan grafik, problemin hiyerarşisini gösterir (Şekil 5).

Hiyerarşinin ilk düzeyi, genel amacın rasyonel arazi kullanım planlaması olduğunu gösterir. İkinci düzeyde jeolojik özellik kriterleri genel amaca ulaşmaya katkıda bulunacaktır. Üçüncü düzeyde ise karar alternatifleri (her bir arazi kullanım kategorisi yer seçim uygunluğu) her bir kritere göre değerlendirilmektedir (Şekil5). Mekansal karar destek sistemi içinde AHP'de tek tek değerlendirilen arazi kullanım kategorilerinin her biri CBS'ne entegre edilerek mekansal analizlerinin gerçekleştirilmesiyle analitik bir model oluşturulup kent için rasyonel kentsel alan kullanımı elde edilecektir.

AHP'de genel amaca ulaşmaya yaptığı katkıya göre her bir kriterin göreceli önemi hakkında hükümlerde bulunmak gerekmektedir. AHP, iki ayrı kritere yönelik göreceli tercihleri ölçmek için Saaty tarafından geliştirilen 1-9 ölçeğini kullanır (Saaty, 2008). Ölçek karar verici tarafından ifade edilen sözel tercihler için tavsiye edilmiş olan sayısal değerleri verir. 1-9 ölçeğine göre kıyaslanan iki kriterden biri diğerine biraz tercih ediliyorsa 3 değeri, eğer tercih ediliyorsa 5 değeri, eğer kuvvetle tercih ediliyorsa 7 değeri ve kesinlikle tercih ediliyorsa 9 değeri kullanılır. 2, 4, 6 ve 8 değerleri orta değerler olarak tercih ölçeğinde kullanılabilir. 1 değeri ise iki kriterin eşit olarak tercih edildiği hükmünün verilmesi durumunda kullanılır.

İkili karşılaştırmalar yapıldıktan sonra çift kıyaslama matrisinin oluşturulmasına ihtiyaç duyulur. Kriterlerin kendileri ile kıyaslanmaları ile elde edilecek matris değeri 1 olmalıdır. O halde elde ettiğimiz matrisin köşegenindeki tüm değerlere 1 değeri atanmalıdır. Bir kez kıyaslanan iki ayrı faktör örneğin 5 değerini aldı ise faktörlerin tersine karşılaştırılması durumunda 1/5

değerini alır. Resiprokal değerlerde konulduktan sonra matris tamamlanmış olur.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} = [a_{ij}]_{n \times n} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

Çift kıyaslama matrisinde:
n: Ölçüt sayısını, i, j: Ölçütleri, a_{ij} : i ölçütünün j ölçütüne göre önem derecesini göstermektedir.

Sentez:

İkili karşılaştırmalar matrisi (çift kıyaslama matrisi) oluşturulduktan sonra, karşılaştırılan kriterlerin her birinin önceliği hesaplanmalıdır. AHP'nin bu işlemine sentezleme adı verilir. Sentezlemeyi gerçekleştirebilmek için ihtiyaç duyulan matematiksel prosedür, özdeğer ve özvektör hesaplamalarını içerir. İkili karşılaştırmalar matrisindeki her bir eleman, bulunduğu sütunun toplam değerine bölünür. Bu işlem sonucunda, normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi elde edilir. Normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisinin her bir satırındaki elemanların aritmetik ortalaması hesaplanır. Bu aritmetik ortalama değerleri, kriter öncelikleri ile ilgili bir tahmin sağlar ve kriterlerin göreceli önceliklerini veren vektör elde edilir.

Tutarlılık (Doğruluk):

AHP'de yukarıda açıklanan ikili karşılaştırmalar prosedürünün kullanımı ile önceliklerin ortaya konulmasından sonra, son kararın niteliği açısından ikili karşılaştırmalarda verilmiş olan hükümlerin tutarlılığının kontrol edilmesi gerekir. Tam bir tutarlılığın sağlanmasında zorluklar ve herhangi bir ikili karşılaştırmalar takımında bazı tutarsızlıklar ile karşılaşılabilir. Tutarlılık sorununu ele almak için

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ri	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

E-Uygunluk değerlendirilmesi:

İlgili kriter ağırlıklarıyla daha önceden standardize edilen puanlar çarpılarak ranklar elde edilir.

$$S = \sum W_i X_i$$

Burada:

AHP, karar verici tarafından verilen ikili karşılaştırma hükümleri arasındaki tutarlılık derecesinin ölçümüne yönelik bir metot sağlamaktadır. Eğer tutarlılık derecesi kabul edilebilir düzeyde ($< 0,1$) ise, o takdirde karar sürecine devam edilebilir. Ancak tutarlılık derecesi kabul edilemez düzeyde ($> 0,1$) ise, bu durumda karar vericinin analize devam etmeden önce ikili karşılaştırma hükümlerini yeniden değerlendirmesi ve düzeltilmesi gereklidir.

Tutarlılık oranının elde edilmesi:

1. aşama: İkili karşılaştırmalar matrisi ile buna yönelik öncelik vektörü çarpılarak ağırlıklandırılmış toplam vektör elde edilir.
2. aşama: elde edilen toplam vektörün her bir elemanı, buna karşılık gelen öncelik değerine bölünür ve elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları tesbit edilir. Bu ortalama değere maksimum özdeğer denir ve λ_{\max} simgesi ile gösterilir.

Daha sonra

$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ formülünden tutarlık indeksi hesaplanır. Burada n: karşılaştırılan eleman sayısı

Saaty [17] çift yönlü karşılaştırma matrisinin içeriğini kontrol eden tek bir sayısal indeksi ortaya koymuştur. Bu sebeple ortalama içerik indeksi CI'nın oranı olarak içerik oran CR'yi tanımlamıştır. Böylece $CR = CI / RI$ 'dir [2].

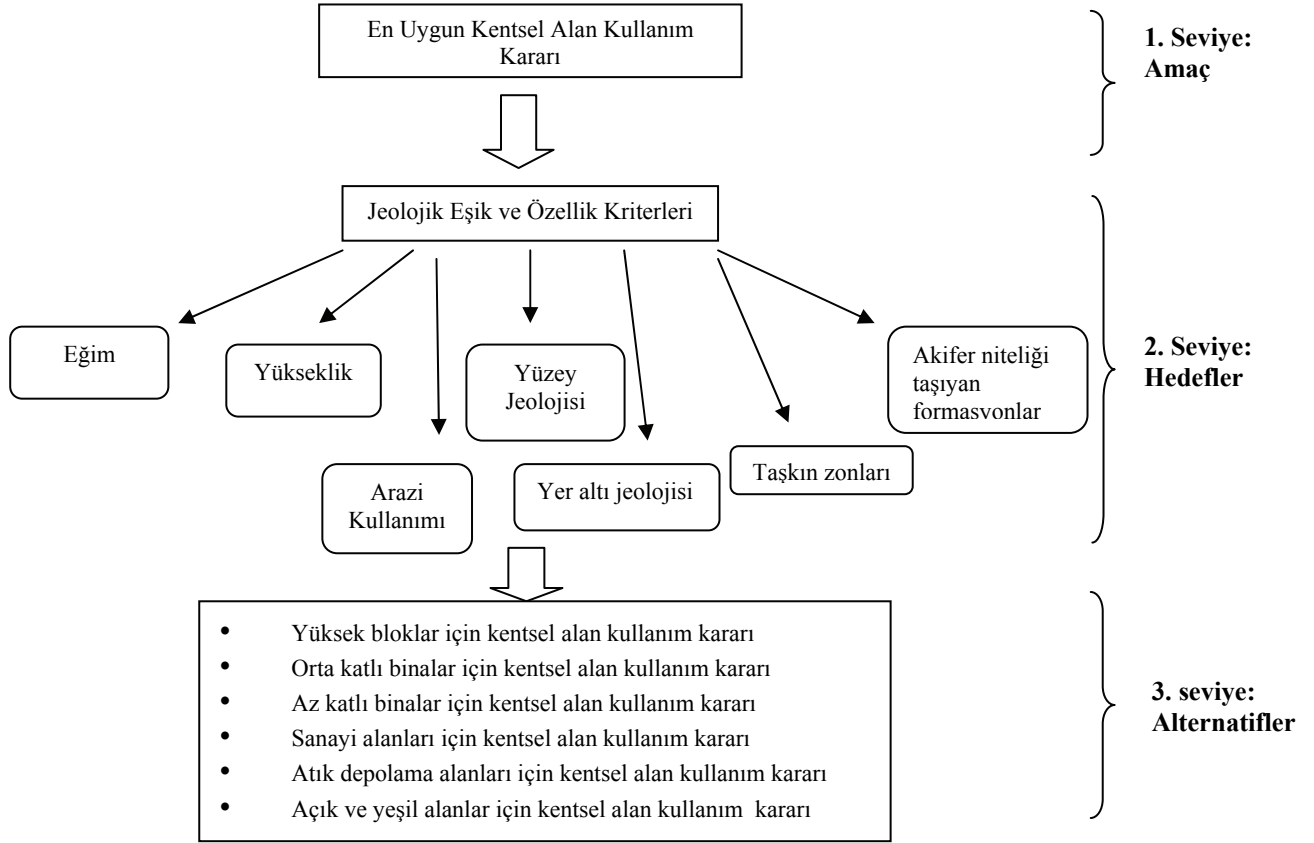
$CR = CI / RI$ 'dan ise tutarlılık oranı hesaplanır.

Ri: rastgele (random) indeks anlamına gelmekte olup rastgele olarak üretilmiş ikili karşılaştırmalar matrislerinin ortalama tutarlılık indeksini ifade eder. Random Index (Ri) değerleri, karşılaştırılan elemanların sayısına (n) bağlı olarak gelişen aşağıdaki değerleri alır.

S: uygunluk

W_i : i kriterinin ağırlığı

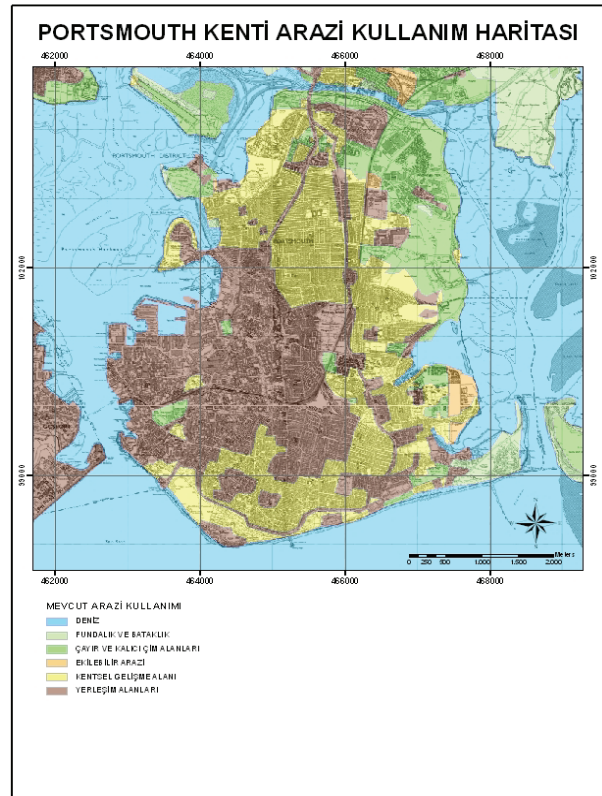
X_i : Kriter i'nin potansiyel puanlamasıdır (oranlaması=rate).



Şekil 5. Kentsel arazi kullanım planlamasında kent jeolojisi esaslı çok kriterli karar hiyerarşisi. (The hierarchy of multi-criteria decision based on urban geology for the urban land use planning)

3.2. Verilerin değerlendirilmesi ve işlenmesi (Data Analysis and Proceeding)

Veriler CBS teknikleri ve çoklu kriter karar verme analiz tekniklerinin birleştirilmesiyle geliştirilen mekansal karar destek sistemi ile analiz edilmiştir. 1/10000 ölçekli topoğrafik haritalar dijital olarak İngiliz Haritacılık Kurumundan (Ordnance Survey) elde edilmiştir. Eğim ve yükseklik haritaları DEM verisinden yararlanarak hazırlanmıştır. Jeolojik Haritalar (Şekil 2, 3), değişik araştırmacılardan [6], [5], [22] ve İngiltere Jeoloji Kurumundan (British Geological Survey, EDINA) sağlanan jeolojik haritalar ve veriler ile tarihi sondaj loglarının yorumlanmasıyla, GIS aracılığı ile revize edilerek elde edilmiştir. Taşkın Haritası Portsmouth Belediyesi'nin (Portsmouth City Council) verilerinden yararlanarak analize hazır sayısal tematik harita haline dönüştürülmüştür. Güncel arazi kullanım haritası ise, Portsmouth Belediyesi arazi kullanım haritası, saha çalışmaları ve uydu görüntülerinden yararlanarak revize edilip güncellenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Kentin mevcut arazi kullanım haritası (Current land use map of the city).

Tablo 1. Kentsel arazi kullanım kararlarını etkileyen jeolojik eşik ve özellik kriterleri (geologic thresholds and characteristics criteria affecting the urban land use decisions evaluations).

Jeolojik eşik ve özellik kriteri / Kentsel alan kullanımı	Kentsel alan kullanım kararları					
	Yüksek bloklar (7+)	Orta katlı binalar (4-7)	Az katlı binalar (1-3)	Sanayi alanları	Atık depolama alanları	Açık yeşil alanlar
Eğim	T	O	D	D	D	D
Yükseklik	O	O	D	D	D	D
Yer altı suyu taşıyan formasyonlar	T	T	O	T	T	O
Yüzey jeolojisi	O	O	T	T	T	Y
Yer altı jeolojisi	T	T	D	O	O	Y
Taşkın Zonu	T	T	T	T	T	D
Mevcut arazi kullanımı	T	T	T	T	T	T

Portsmouth Kenti deniz kenarında düz bir alana yerleşmiştir. Kentin kuzeyinde mostra veren kireçtaşları bölgedeki majör akiferi oluşturmaktadır [6, 9] (Şekil 4). Kent alan sınırları içinde yer alan paleojen tabakaları değişen miktar ve kalitede su kaynakları içermektedir [6, 9]. (Şekil 4). Reading Formasyonu ve Londra Kil Formasyonu'nun içerdiği küçük su kaynakları ise sülfat ve demir konsantrasyonlarından dolayı kirlilik problemi içermektedir (Şekil 4). Teras Depozitlerinde (taraçalarda) az miktarlarda su elde edilebilen kaynaklar bulunsun da, bunlar kıyı alanlarında deniz suyu ve kirliliğe karşı duyarlıdır. Kent alanında yer alan jeolojik birimlerin içerdiği akiferlerden verimi en yüksek olanı kireçtaşlarıdır [9]. Kireçtaşları düşük permeabiliteye ve kendi içlerinde bağlantılı olan fissürlere sahiptir ve mikroporoz özelliindedir. Paleojen kumları ise poroz özellik gösterirler. Kuvaterner Depozitleri minör akifer içerirler [9]. Kentin yer altı jeolojisi, yüzey jeolojisi, hidrojeolojik özellikleri ve mevcut sondaj logları birlikte değerlendirilerek CBS aracılığı ile kent alanındaki jeolojik birimler içerdikleri akifer alanlarına göre gruplandırılmış ve (Şekil 4) deki tematik harita analizlerde kullanılmak üzere hazırlanmıştır.

Bu vektör tabanlı haritalar daha sonra desktop ArcWiew 9.1 GIS'e aktarılmış ve ardışık mekansal analizler için rasterize edilmişlerdir. Raster grid hücre tanımı, küçük jeomorfolojik özelliklerin veya detaylı eğim birimlerinin haritalanmasını sağlayan 5X5m² olarak tanımlanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

4.1. Arazi Kullanım Plan Kararları İçin Çoklu Kriter Karar Analizi ve CBS Destekli Analitik Model Geliştirilmesi (Multi-criteria Decision Analysis and Development of the Analytical Model GIS-Aided for Land Use Planning Decisions)

Bu çalışmada, GIS metodolojisindeki yazılımların, depolama analiz etme ve üstün görüntüleme yeteneği ile karar destek sağlama yeteneklerinden faydalanılmıştır. Kentsel yerleşim alanlarında

planlamayı etkileyen doğal fiziksel eşiklerin ve karmaşık jeolojik eşik ve kriterlerin CBS'de analiz edilip değerlendirilebilmesi planlama için en önemli primer girdidir. Dai'nin de dediği gibi [1] GIS yazılımının fonksiyonel yetenekleri; şehir arazi kullanım amaçları için mekansal jeo_çevre değerlendirmesinin gelişimini destekler.

Portsmouth Kenti arazi kullanım kategorileri için arazi parsellerinin uygunluğunu belirlemek amacıyla, kent yerleşim alanını etkileyen jeolojik eşik ve kriterler belirlendi (Tablo 1). Tablo 1, kentin yerel jeolojik kriterlerinin, kentsel arazi kullanım kararları üzerindeki etkisini genel bir yaklaşımla değerlendirir.

Bu kriterler, topoğrafya, yer altı suyu içeren formasyonlar, yüzey jeolojisi, yer altı jeolojisi, taşkın zonu ve mevcut arazi kullanımı olarak gruplandı (Tablo 1).

Kentsel alan kullanımları ise ise kentin jeolojik eşik ve özellikleri esas alınarak kentin makroformuna göre, yüksek bloklar, orta katlı binalar, az katlı binalar, sanayi, atık depolama ve yeşil alan kullanımları için analiz edildi.

Eğim, yükseklik, YASS, taşkın duraylılığı ve taşıyıcı tabakanın taşıma gücünün belirlenmesine yönelik sayısal verilerin elde edilmesi mümkündür. Bununla birlikte, yüzey jeolojisi, yer altı jeolojisi ve mevcut arazi kullanımı için nümerik değerler kolaylıkla tesbit edilemez. O nedenle bazı faktörlerin ölçümü, kara vericinin her bir arazi kullanımı ile ilgili subjektif değerlendirmesine göre yapılacaktır. AHP bu gibi durumları ele alacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece karar vericinin subjektif hükümleri AHP sürecinin önemli bir parçasını teşkil eder. Eğim, kentsel arazi kullanımlarında, yüksek bloklar, orta katlı binalar, sanayi alanları ve atık depolama alanları için çok önemli bir topoğrafik faktördür. Yükseklik ve eğim, yamaç duraylılığı, teknik alt yapı, erişebilirlik gibi parametreler açısından kentleşmede büyük öneme sahiptir

Topoğrafik yapı ve eğim, konut alanları yer seçimini etkileyen birincil faktörler arasındadır. Topoğrafya,

konutların, yerleşim şeklini, tiplerini, yoğunluklarını, ve yönlerini etkileyen önemli bir etkidir. Özellikle yüksek blokların inşaatı sırasında, kazılardan kaynaklanan yamaç duraylılık problemleri yaşam ve yerleşim alanları için büyük bir risk oluşturur.

Eğimi % 1'den az olan alanlarda drenaj ve alt yapı problemleri ortaya çıkabilir. Eğer eğim % 50 den fazla ise erozyon problemleri oluşur. Yol güzergahlarında maksimum eğim % 10 olmalıdır. Bu değer üzerinde ki eğimli alanlarda gerçekleştirilecek yol yapım çalışmalarında ulaşım ve duraylılık sorunları ortaya çıkar. Sanayi alanları için en uygun eğim %2-3'tür ve % 6'yı geçmemelidir [23]. Ancak Portsmouth kent alanının, oldukça yumuşak bir topoğrafyaya sahip olmasının sebebiyle, bu çalışma için, çoklu kriter karar destek sisteminde topoğrafik faktörler ikincil önem derecesinde değerlendirildi. Bu değerlendirme göz önüne alınarak, eğim kriterinin sınır değerleri ve çoklu kriter karar destek sistemi

içindeki puanlamaları belirlendi (Tablo 2). Sürdürülebilir kent planlaması doğal kaynakların dikkatli kullanımını, korunmasını ve gelecek nesillere bırakılabilmesi için iyi yönetimini gerektirir. Bu sebeple bir kentin yer altı suyunun varlığı ve bu suların yerlerinin ve sınırlarının tesbiti kent planlamada hayati öneme sahiptir. Bu noktada jeolojik ve hidrojeolojik kriter değerlendirmeleri karar analizlerinde önceliklidir.

Kentte yer altı sularının yerleşimden kaynaklanan kirlilikten korunabilmesi için, analizlerde majör akifer içeren formasyonların yer aldığı alanlara, standardizasyonda 0 puan verilerek yerleşimlerden uzak tutulmuştur. Ayrıca yer altı suyunun bina temellerinde yol açabileceği hasar da göz önüne alındığında hem tehlike hem koruma faktörleri ortaya çıkmaktadır (Tablo 2). Analizlerde kullanılan akifer haritası jeoloji haritası ve hidrojeolojik koşulların yorumlanmasıyla hazırlanmıştır (Şekil 4).

Tablo 2. Standardize edilmiş potansiyel oranlar (puanlar) (Standardized potential ratios (grades)).

Kent Jeolojisi Kriterleri	Arazi kullanım sınıfları	Puanlama				
		0	1	2	3	4
Eğim	YB	% 7-12	% 0-1	% 5-7	% 3-5	% 1-3
	OKB	% 0-1	% 7-12	% 5-7	% 3-5	% 1-3
	AKB	% 0-1	% 1-3	% 3-5	% 5-7	% 7-12
	ADA	% 7-12	% 5-7	% 3-5	% 1-3	% 0-1
	SA	% 7-12	% 0-1	% 5-7	% 3-5	% 1-3
	AYA	% 0-1	% 1-3	% 3-5	% 5-7	% 7-12
Yükseklik	YB	>10 metre	7-10 metre	5-7 metre	3-5 metre	0-3 metre
	OKB	>10 metre	7-10 metre	5-7 metre	3-5 metre	0-3 metre
	AKB	-	-	7-10 metre ve >10 metre	3-5 metre ve 5-7 metre	0-3 metre
	ADA	>10 metre	7-10 metre	5-7 metre	3-5 metre	0-3 metre
	SA	>10 metre	7-10 metre	5-7 metre	3-5 metre	0-3 metre
	AYA	-	>10 metre	7-10 metre	3-5 metre ve 5-7 metre	0-3 metre
Yüzey Jeolojisi	YB	Plaj ve gelgit düzlüğü depozitleri	Rüzgar plajdepozitler	Alüvyon- gelgit düzlüğü depozitleri	Nehir taraça depozitleri-yükselen deniz depozitleri	Nehir taraça depozitleri, 2
	OKB	Plaj ve gelgit düzlüğü depozitleri	Rüzgar plajdepozitler	Alüvyon- gelgit düzlüğü depozitleri	Nehir taraça depozitleri-yükselen deniz depozitleri	Nehir taraça depozitleri, 2
	AKB	Nehir taraça depozitleri, 2	Nehir taraça depozitleri-yükselen deniz depozitleri	Alüvyon- gelgit düzlüğü depozitleri	Rüzgar plajdepozitler	Plaj ve gelgit düzlüğü depozitleri
	ADA	Rüzgar plajdepozitler	yükselen deniz depozitleri	Nehir taraça depozitleri, 2	Nehir taraça depozitleri	Alüvyon- gelgit düzlüğü depozitleri
	SA	Rüzgar plajdepozitler	yükselen deniz depozitleri	Nehir taraça depozitleri, 2	Nehir taraça depozitleri	Alüvyon- gelgit düzlüğü depozitleri
Yeraltısu taşıyan formasyonlar	YB	Kireçtaşı Formasyonu (Majör Akiferler)	Londra Kili- Whitecliff Üyesi (Minor Aquifers)	Kuvaterner Depozitleri (Minor Aquifers)	Reading ve Londra Kil Formasyonu ((Minör Akiferler fakat demir ve sülfat içeriyor)	Akifer içermeyen diğer birim ve formasyonlar
	OKB	Kireçtaşı Formasyonu (Majör Akiferler)	Londra Kili- Whitecliff Üyesi (Minör Akiferler)	Kuvaterner Depozitleri (Minör Akiferler)	Reading ve Londra Kil Formasyonu ((Minör Akiferler fakat demir ve sülfat içeriyor)	Akifer içermeyen diğer birim ve formasyonlar
	AKB	Quaternary Deposits (Minör Akiferler)	Londra Kili- Whitecliff Üyesi (Minör Akiferler)	Kireçtaşı Formasyonu (Majör Akiferler)	Reading ve Londra Kil Formasyonu ((Minör Akiferler fakat demir ve sülfat içeriyor)	Akifer içermeyen diğer birim ve formasyonlar
	ADA	Reading and London Clay Formation (Minör Akiferler fakat demir ve sülfat içeriyor) (Hidrolik iletkenlik çok yüksek)	Kireçtaşı Formasyonu (Majör Akiferler)	Londra Kili- Whitecliff Üyesi-Kuvaterner Depozitleri (Minör Akiferler)	-	Akifer içermeyen diğer birim ve formasyonlar

Tablo 2. Standardize edilmiş potansiyel oranlar (puanlar) (Standardized potential ratios (grades)). (Devamı...).

Kent Jeolojisi Kriterleri	Arazi kullanım sınıfları	Puanlama				
		0	1	2	3	4
Yeraltısuyu taşıyan formasyonlar	SA	Kireçtaşı Formasyonu (Majör Akiferler)	Reading ve Londra Kil Formasyonu (Minör Akiferler fakat demir ve sülfat içeriyor)	Londra Kili- Whitecliff Üyesi-Kuvaterner Depozitleri (Minör Akiferler)	-	Akifer içermeyen diğer birim ve formasyonlar
	AYA	Akifer içermeyen diğer birim ve formasyonlar	Reading ve Londra Kil Formasyonu (Minör Akiferler fakat demir ve sülfat içeriyor)	Kuvaterner Depozitleri (Minör Akiferler)	Londra Kili- Whitecliff Üyesi (Minör Akiferler)	Kireçtaşı Formasyonu (Majör Akiferler)
Yer altı jeolojisi	YB	Thames Grup Londra Kil Formasyonu	Lambeth Grup	Bracklesham Grup, Wittering Formasyon-Earnley Sand Formasyon and Marsh farm Formasyon (ayrıtılmemiş)	Thames Grup Londra Kil formasyonu, Portsmouth Kum Üyesi ve Whitecliff Kum Üyesi (ayrıtılmemiş)- Portsmouth Kum Üyesi-Whitecliff Kum Üyesi-Bognor Kum Üyesi	Kireçtaşı Formasyonu
	OKB	Thames Grup Londra Kil formasyonu	Lambeth Grup	Bracklesham Grup, Wittering Formasyon-Earnley Sand Formasyon and Marsh farm Formasyon (ayrıtılmemiş)	Thames Grup Londra Kil Formasyonu, Portsmouth Kum Üyesi ve Whitecliff Kum Üyesi (ayrıtılmemiş)- Portsmouth Kum Üyesi-Whitecliff Kum Üyesi-Bognor Kum Üyesi	Kireçtaşı Formasyonu
	AKB	Kireçtaşı Formasyonu	Thames Grup Londra Kil formasyonu, Portsmouth Kum Üyesi ve Whitecliff Kum Üyesi (ayrıtılmemiş)- Portsmouth Kum Üyesi-Whitecliff Kum Üyesi-Bognor Kum Üyesi	Bracklesham Grup, Wittering Formasyon-Earnley Sand Formasyon and Marsh farm Formasyon (ayrıtılmemiş)	Lambeth Grup	Thames Grup Londra Kil Formasyonu
	ADA	Kireçtaşı Formasyonu	Londra Kil Formasyonu	Thames Grup Londra Kil formasyonu, Portsmouth Kum Üyesi ve Whitecliff Kum Üyesi (ayrıtılmemiş)- Portsmouth Kum Üyesi-Whitecliff Kum Üyesi-Bognor Kum Üyesi	Bracklesham Grup, Wittering Formasyon-Earnley Sand Formasyon and Marsh farm Formasyon (ayrıtılmemiş)	Lambeth Grup
	SA	Kireçtaşı Formasyonu	Londra Kil Formasyonu	Thames Grup Londra Kil formasyonu, Portsmouth Kum Üyesi ve Whitecliff Kum Üyesi (ayrıtılmemiş)- Portsmouth Kum Üyesi-Whitecliff Kum Üyesi-Bognor Kum Üyesi	Bracklesham Grup, Wittering Formasyon-Earnley Sand Formasyon and Marsh farm Formasyon (ayrıtılmemiş)	Lambeth Grup
	AYA	Kireçtaşı Formasyonu	Thames Grup Londra Kil formasyonu, Portsmouth Kum Üyesi ve Whitecliff Kum Üyesi (ayrıtılmemiş)- Portsmouth Kum Üyesi-Whitecliff Kum Üyesi-Bognor Kum Üyesi	Bracklesham Grup, Wittering Formasyon-Earnley Sand Formasyon and Marsh farm Formasyon (ayrıtılmemiş)	Lambeth Grup	Thames Grup Londra Kil Formasyonu
	YB	Ekilebilir Arazi	Yerleşim Alanları	Çayır ve kalıcı çim alanları Meadowland and Permanent Grass	Fundalık ve Bataklık	Kentsel gelişme alanı
Mevcut arazi kullanımı	OKB	Ekilebilir Arazi	Yerleşim Alanları	Çayır ve kalıcı çim alanları	Fundalık ve Bataklık	Kentsel gelişme alanı
	AKB	Yerleşim Alanları	Ekilebilir Arazi	Çayır ve kalıcı çim alanları	Fundalık ve Bataklık	Kentsel gelişme alanı
	ADA	Ekilebilir Arazi, Yerleşim Alanları, Kentsel Gelişme Alanı	Çayır ve kalıcı çim alanları	-	-	Fundalık ve Bataklık
	SA	Ekilebilir Arazi, Yerleşim Alanları,	Çayır ve kalıcı çim alanları	Kentsel gelişme alanı	-	Fundalık ve Bataklık
	AYA	Yerleşim Alanları	Ekilebilir Arazi	Kentsel gelişme alanı	Fundalık ve Bataklık	Çayır ve kalıcı çim alanları
	Taşkın tehlikesi	YB	Orta ve düşük derece tehlike	-	-	Yüksek derecede tehlike
OKB		Çok yüksek derecede tehlike	Yüksek derecede tehlike	Orta ve düşük derece tehlike	-	-
AKB		Çok yüksek derecede tehlike	Yüksek derecede tehlike	-	-	Orta ve düşük derece tehlike
ADA		Çok yüksek derecede tehlike	Yüksek derecede tehlike	-	-	Medium and low hazard
SA		Çok yüksek derecede tehlike	Yüksek derecede tehlike	-	-	Orta ve düşük derece tehlike
AYA		Orta ve düşük derece tehlike	-	-	Yüksek derecede tehlike	Çok yüksek derecede tehlike
En yakın yerleşime olan mesafe (km)	ADA	<3	3-5	5-7	7-9	>9

YB: Yüksek bloklar (High rising blocks), Sanayi alanları: SA (Industrial sites), OKB: Orta katlı binalar (Medium storey buildings), AYA: Açık yeşil alanlar (Open green land), AKB: Az katlı binalar (Low storey buildings), ADA: Atık depolama alanı (Waste disposal sites)

Tablo 3. Arazi kullanım planlaması için çift kıyaslama matrisleri ve kriterlerin nisbi ağırlıkları (Pairwise comparison matrix for the land use planning and the relative weights of criteria).

KATEGORİ	JEOLÖJİK EŞİK VE ÖZELLİK KRİTERLERİ	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	Ağırlık
YÜKSEK BLOKLAR	Yüzey Jeolojisi C ₁	1							0,0860
	Yer altı Jeolojisi C ₂	1	1						0,1174
	Yeraltısuyu taşıyan Formasyonlar C ₃	1	1/2	1					0,0827
	Taşkın Tehlikesi C ₄	7	9	6	1				0,4841
	Arazi Kullanımı C ₅	1	1	1	1/7	1			0,0860
	Eğim C ₆	1	1/2	1	1/5	1	1		0,0848
	Yükseklik C ₇	1/2	1/3	1/2	1/3	1/2	1/2	1	0,0590
	TUTARLILIK ORANI : 0,046454								
ORTA KATLI BİNALAR	Yüzey Jeolojisi C ₁	1							0,0860
	Yer altı Jeolojisi C ₂	1	1						0,1174
	Yeraltısuyu taşıyan Formasyonlar C ₃	1	1/2	1					0,0827
	Taşkın Tehlikesi C ₄	7	9	6	1				0,4841
	Arazi Kullanımı C ₅	1	1	1	1/7	1			0,0860
	Eğim C ₆	1	1/2	1	1/5	1	1		0,0848
	Yükseklik C ₇	1/2	1/3	1/2	1/3	1/2	1/2	1	0,0590
	TUTARLILIK ORANI : 0,046454								
AZ KATLI BİNALAR	Yüzey Jeolojisi C ₁	1							0,1713
	Yer altı Jeolojisi C ₂	1/2	1						0,1154
	Yeraltısuyu taşıyan Formasyonlar C ₃	1	1	1					0,1315
	Taşkın Tehlikesi C ₄	2	3	3	1				0,3414
	Arazi Kullanımı C ₅	1/2	1	1	1/3	1			0,1156
	Eğim C ₆	1/2	1/2	1/2	1/5	1/2	1		0,0685
	Yükseklik C ₇	1/4	1/2	1/3	1/7	1/2	1/2	1	0,0563
	TUTARLILIK ORANI : 0,025586								
SANAYİ ALANI	Yüzey Jeolojisi C ₁	1							0,1713
	Yer altı Jeolojisi C ₂	1/2	1						0,1154
	Yeraltısuyu taşıyan Formasyonlar C ₃	1	1	1					0,1315
	Taşkın Tehlikesi C ₄	2	3	3	1				0,3414
	Arazi Kullanımı C ₅	1/2	1	1	1/3	1			0,1156
	Eğim C ₆	1/2	1/2	1/2	1/5	1/2	1		0,0685
	Yükseklik C ₇	1/4	1/2	1/3	1/7	1/2	1/2	1	0,0563
	TUTARLILIK ORANI : 0,025586								
ATIK DEPOLAMA ALANI	Yüzey Jeolojisi C ₁	1							0,1867
	Yer altı Jeolojisi C ₂	1	1						0,1677
	Yeraltısuyu taşıyan Formasyonlar C ₃	1	1	1					0,1956
	Taşkın Tehlikesi C ₄	1	1	1	1				0,1841
	Arazi Kullanımı C ₅	1/3	1	1	1/3	1			0,1159
	Eğim C ₆	1/3	1/3	1/5	1/3	2	1		0,0873
	Yükseklik C ₇	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1	0,0627
	TUTARLILIK ORANI : 0,041427								
AÇIK YEŞİL ALAN	Yüzey Jeolojisi C ₁	1							0,1677
	Yer altı Jeolojisi C ₂	1	1						0,1159
	Yeraltısuyu taşıyan Formasyonlar C ₃	1	3	1					0,1867
	Taşkın Tehlikesi C ₄	1	1	1	1				0,1956
	Arazi Kullanımı C ₅	1	3	1	1	1			0,1841
	Eğim C ₆	1/3	2	1/3	1/5	1/3	1		0,0873
	Yükseklik C ₇	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1	0,0627
	TUTARLILIK ORANI : 0,041427								

Analizler için, kentsel arazi kullanımına göre taşkın zonlarının puanlamasını değerlendirirken, çok yüksek derecede taşkın riski içeren alanlarda, yüksek blokların yerleşimine yüksek puan verilmesine rağmen, en yüksek puanı rekreasyon alanları ve yeşil alanlar almıştır.

Az katlı bina kategorisi için uygunluk yedi yerel jeolojik eşik kriteri (Tablo 3) ile değerlendirilmiştir. Çalışma alanının topoğrafyasının oldukça yumuşak ve düz olması sebebiyle, eğim ve yüksekliğin önem derecesi azaltılmıştır. Az katlı binaların temel kazıları çok derin olmadığı için çok büyük bir stabilite riski teşkil etmeyecektir. Ancak bu arazi kullanım kategorisinin değerlendirmesinde yüzey jeolojisi temel öneme sahip olacaktır (Tablo 1).

Atık depolama alanları kategorisi için kritik düşünce, atık yerinin uzun dönemli jeomorfolojik stabilitesidir. Jeomorfolojik olarak stabil sahadaki yer seçimi, zemin suyu kalitesini korumakta ve

yapıların yenilmesinden doğan duraysızlığı önlemede önemli bir faktördür [1].

Çalışmada atık depolama alanları için arazi kullanım kategorisi yedi adet jeolojik kriterle değerlendirilmiştir. Depolama alanları için, yüzey ve yer altı jeolojisi kriterlerini değerlendirirken, yerleşim alanını oluşturan litolojiler, sağlamlık açısından değil, akifer olma niteliği ve geçirimsizlik özellikleri açısından değerlendirilmiştir. Atık depolama alanlarındaki litolojiler, olası sızıntılarla yer altı sularının kirlenmesini önleyebilmek için mümkün olduğunca geçirimsiz olmalıdır ve akifer niteliği taşımamalıdır.

Kireçtaşı Formasyonu ve Londra Kil Formasyonu yüksek yer altı su seviyesi ile tamamen akifer niteliğinde litolojiler içermektedir. Bu nedenle çalışma alanında akifer içeren formasyonlar açısından değerlendirildiğinde, kentsel kullanımlar için 0-1 puan ile değerlendirildiler. Yerleşim

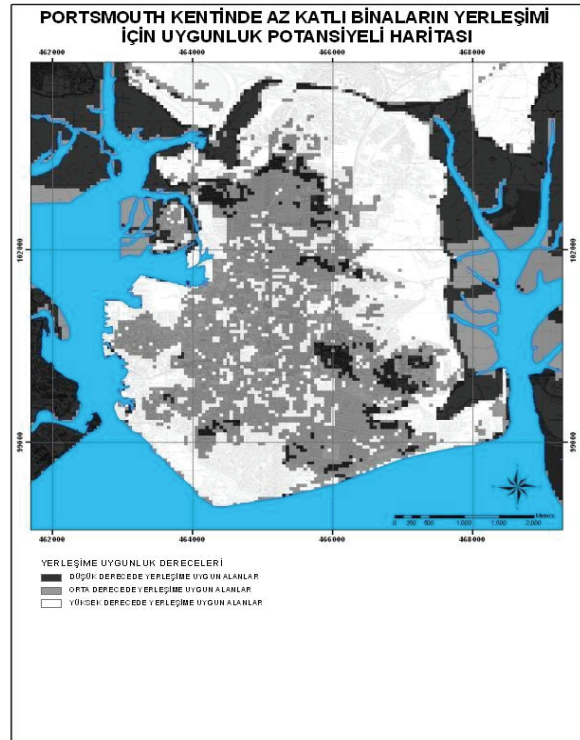
alanındaki taraçalar minimum seviyede akifer içeren litolojik özellik sunmaktadırlar ve bu sebeple 2 puan (Tablo 2) ile standardize edilmişlerdir. Londra Kili majör akifer içermesinin yanı sıra yüksek permeabilite seviyesine sahiptir ve dolayısıyla 0 puan ile derecelendirildiler (Tablo 2). Kuvaterner Depozitleri ise yer yer minör akifer mercekleri içerdiğinden dolayı bu litoloji 2 puan ile değerlendirilmiştir (Tablo 2). Jeolojik ve hidrojeolojik açıdan bakıldığında akifer tabakası içermeyen diğer formasyonlara ise 4 puan verildi (Tablo 2) ve atık depolama için uygun alanları oluşturabileceği öngörüldü. Ayrıca bu arazi kullanımı için yer seçiminde sızdırmazlık ve geçirimsizliğin kritik öneminden dolayı arazinin yüzey jeolojisi özellikleride değerlendirmede büyük öneme sahiptir. Yüzey jeolojisi için puanlamada, sınır değerler Tablo 2’de verilmiştir.

Londra Killeri, yüksek smektit içeriği ile başlıca yüksek derecede büzüşebilen killerden oluşmuştur ve dolayısıyla ekstrem kuraklık şartlarında çökebilirler. İnşaat esnasında uygun geoteknik önlemler alınmalıdır. Londra kil sekansı içerisinde sınırlı sayıda heyelanlar gelişmiştir. Çalışma alanındaki yamaçların çoğu duraylıdır. Sadece mühendislik işlerinin yoğunlaştığı alanlarda duraysızlıklar bozulabilmektedir. Bu sebeplerden yer altı jeolojisi özellikleri açısından değerlendirildiğinde, birim, yüksek blokların inşası için 0 puan ile temsil edilmiştir (Tablo 2).

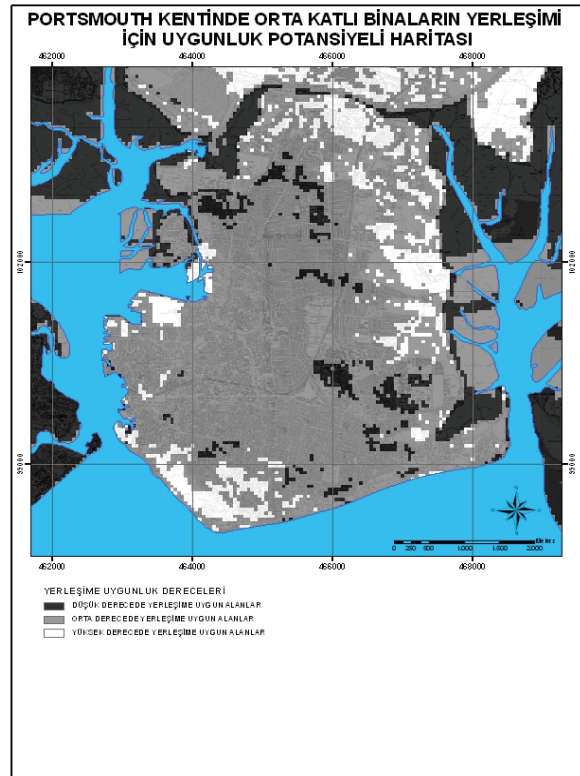
Çevresel etki değerlendirmesi ve tıbbi atık yönetmelikleri göz önüne alındığında çöp depolama alanları, hava alanlarına en az 5000 m’den, yerleşim alanlarına ise en az 3000 m’den daha yakın olmamalıdır. Portsmouth Kenti’ne en yakın havaalanı (Southampton Airport) karayolu ile yaklaşık 45 dakikalık mesafede olduğundan bu mesafeyi değerlendirmeye gerek görülmemiş ve yerleşim birimlerine olan mesafe değerlendirmeye alınarak ArcWiev programı aracılığı ile yakınlık analizi (proximity analysis) yapılmıştır. Açık yeşil alan arazi kullanım kategorisi yedi adet jeolojik kriter ile değerlendirilmiştir (Tablo 3). Bu arazi kullanımında kriter öncelikleri yapılaşma alanlarının tersi yönünde gelişmiştir. Yeşil ve rekreasyonel kullanım alanlarının seçiminde, taşıma gücü düşük, yer altı su seviyesi bakımından zengin litolojilerin ve taşkın tehlikesi yüksek alanların tercihine öncelik verilerek hiyerarşi yapılandırılmıştır (Tablo 3).

Nihai olarak, yukarıda açıklanan hiyerarşi yapısı kullanılarak ve bölüm 3.1’de açıklanan matematiksel prosedür izlenerek hesaplanan jeolojik eşik ve özellik kriter ağırlıkları her bir kentsel alan kullanımı için standardize edilmiş puanlarla çarpılıp ranklar elde edilmiştir. Ve hesaplama sonuçları CBS ortamına entegre edilerek

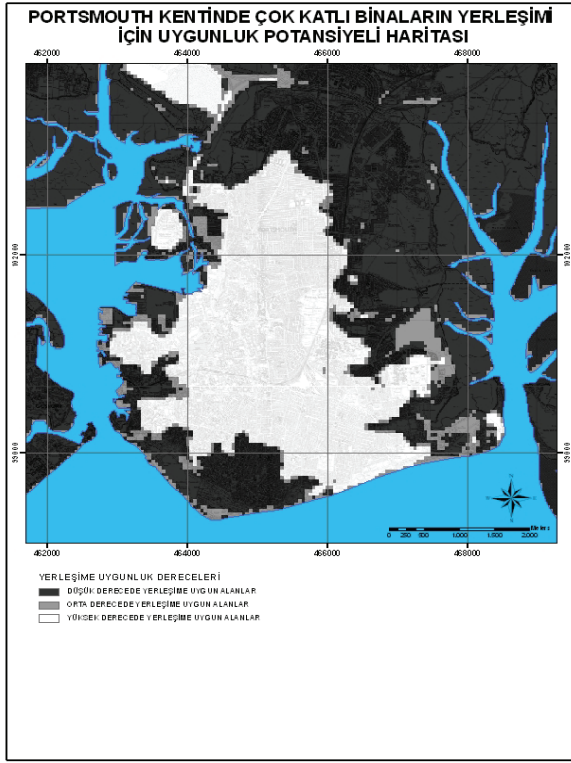
mekansal analizler gerçekleştirilmiş altı ayrı kentsel kullanım kararı için Portsmouth Kenti arazi kullanım potansiyeli haritaları elde edilmiştir (Şekil 7, 8, 9, 10, 11, 12).



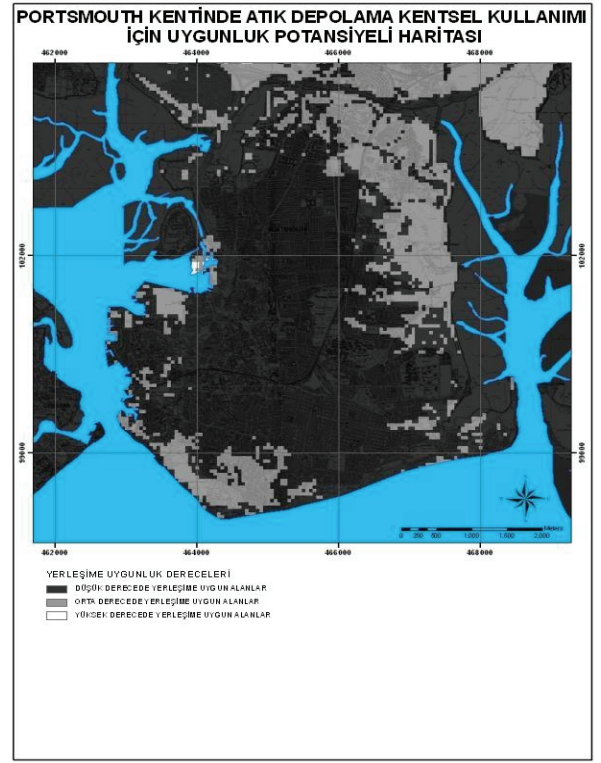
Şekil 7. Az katlı binalar için uygun alanlar. (Suitable areas for low-rise buildings).



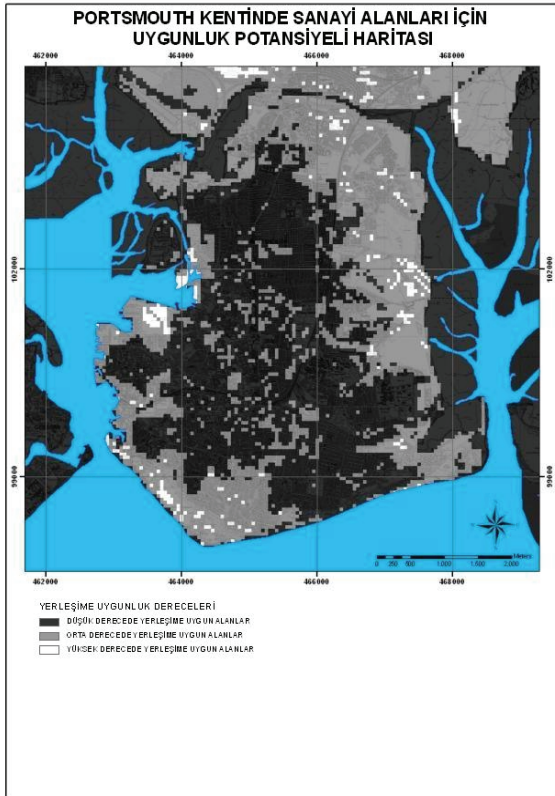
Şekil 8. Orta katlı binalar için uygun alanlar (Suitable areas for medium-rise buildings).



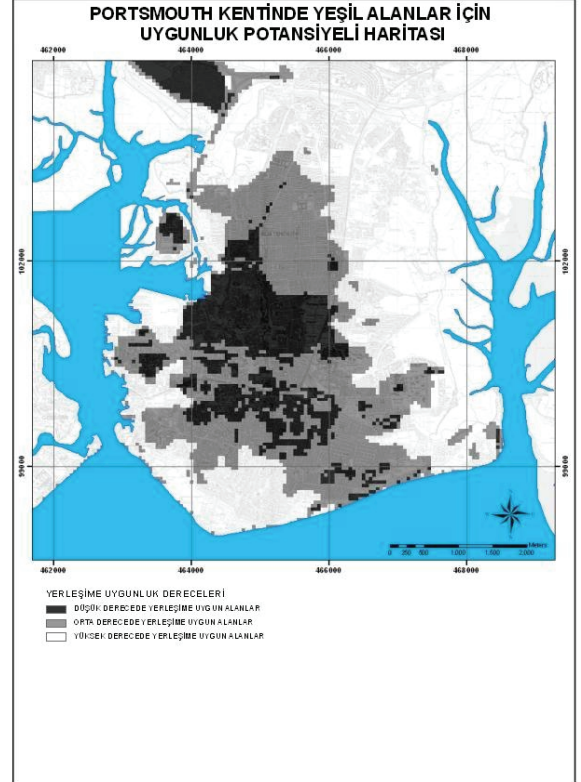
Şekil 9. Çok katlı binalar için uygun alanlar (Suitable areas for multi-storey buildings).



Şekil 11. Atık depolama için uygun alanlar (Suitable areas for waste storage).



Şekil 10. Sanayi yerleşimi için uygun alanlar (Suitable areas for industrial settlement).



Şekil 12. Yeşil alan kullanımı için uygun alanlar (Suitable areas for the use of green space).

5. SONUÇLAR'IN DEĞERLENDİRİLMESİ (CONCLUSION)

Kentsel alan kullanımlarının belirlenmesinde ve sürdürülebilir kent planlamada, jeorisklerden uzak ve maksimum faydayı sağlayan arazi kullanımını oluşturabilmek ancak kent jeolojisi kriterlerinin yerinde araştırılıp analiz edilmesi ve karar sürecinde belirleyici temel oluşturması ile mümkündür. Planlama sürecine geçilmeden önce gerekli kent çevresini kapsayan doğal yapı analizleri, jeoloji, jeofizik, inşaat, jeoteknik, hidrojeoloji, gibi ilgili disiplinlerle işbirliği içerisinde gerçekleştirilmelidir. Bu iş birliği kentlerde, jeolojik eşik ve kriterlerin esasa alındığı, sürdürülebilir, çevre ve afet duyarlı bir planlama kapsamında optimal arazi kullanımına katkı sağlayan temel yaklaşım olmalıdır.

Üst düzey çoklu kriter yaklaşımı GIS ile birleştirilerek, çok kriterli grupların analiz edilmesinde yardımcı karar destek sistemi oluşturmuştur ve bu sistem Portsmouth kenti özelinde kent jeolojisi kriterleriyle birlikte sentezlenerek arazi kullanım kararları için analitik bir model geliştirilmiştir.

Kentsel yerleşim alanlarındaki, arazi kullanım alternatiflerinin belirlenmesinde, kent jeolojisi çalışmaları, yerleşimin en uygun arazi parselinin neresi olacağını belirlemek açısından önemli bir klavuz ve temel altlık niteliğindedir. Ancak daha sonra belirlenen bu arazi kullanım kararlarının her birinin kendi alan sınırları dahilinde diğer kentsel yerleşim kriterleri (teknik, sosyal vb.) açısından da değerlendirilip analiz edilmesi gerekmektedir (örneğin bir sanayi alanı yer seçiminin jeolojik çevre dışındaki enerji ve teknik altyapıya yakınlık, ana ulaşım arterlerine olan mesafe vb gibi diğer kentsel kriterlerle analiz edilerek belirlenmesi).

Planlamaya etki eden faktörler, doğal, yapay, sosyal, ekonomik, hukuki, siyasi ve teknolojik parametreler olarak başlıklandırılırlar. Bu çalışmada arazi kullanım planlamasının kategorizasyonunda doğal ve çevresel kriterler baz alınarak modelleme gerçekleştirilmiştir. Bu analizler neticesindeki kullanım kararları (base map) temel altlık olarak kullanılıp, her kategorizasyonun kendi içinde, diğer kentsel planlama girdileriyle yeniden değerlendirilmesi gerekir. Bir başka ifade ile doğal eşikler ve jeolojik çevre kriterleri dışında planlama ve tasarımı etkileyen diğer parametreler arazi parselleri üzerinde ayrıca test edilmelidir.

Çalışmanın sonuçları GIS tabanlı kent jeolojisi değerlendirmesini çoklu kriter analiz yöntemlerinden AHP'yi kullanarak, kentsel arazi kullanım planlamasına uygulamıştır. AHP yöntemi

bugün yerleşime uygunluk değerlendirmelerinde ve arazi kullanımı seçiminde en yaygın olarak kullanılan çok kriterli karar verme tekniklerinden birisi olarak görülmektedir. Sahip olduğu niteliklerle karmaşık karar problemlerinin çözümünde ve analizinde üstünlükler sağlamaktadır.

Çoklu kriter karar analiz tekniklerinin coğrafi bilgi sistemleri ile entegre edilmesiyle oluşturulan çoklu kriter karar destek sistemi aracılığı ile kente ait jeolojik çevre kriterlerinin analiz edilmesiyle geliştirilen analitik modelle altı ayrı kentsel kullanım kararı için Portsmouth Kenti arazi kullanım potansiyeli haritaları elde edilmiştir (Şekil 7, 8, 9, 10, 11, 12).

Ayrıca çalışmanın sonuçları, planlama çalışmalarında, arazi kullanım uygunluğu konusunda bir klavuz niteliği taşımakla beraber, mevcut yerleşimlerin durumunu da test etmede kullanılabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK-BİDEB yurtdışı Doktora Sonrası Araştırma Burs Programı kapsamında desteklenmiştir. TÜBİTAK'a ve çalışma verilerinin elde edilmesinde desteğini esirgemeyen Portsmouth Üniversitesi öğretim elemanı Dave Giles'e teşekkür ederim.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Dai F. C., Lee C. F., Zhang X. H., "GIS Based Geo-Environmental Evaluation For Urban Land-Use Planning: A Case Study", **Engineering Geology**, 61, 257-271, 2001.
2. Marinoni O., "Implementation Of The Analytical Hierarchy Process With VBA in ArcGIS", **Computers&Geosciences**, 30, 637-646, 2004.
3. Bantayan N. C., Bishop I., D., Linking Objective And Subjective Modeling For Land-Use Decision-Making, **Landscape and Urban Planning**, 43, 35-48, 1998.
4. Zhang F., Yang Q., Jia X., Liu J., Wang B., "Land-Use Optimization By Geological Hazard Assessment in Nanjing City", China, 324, Natthingam, 2006.
5. Giles, D., "A Geographical Information System For Geotechnical And Ground Investigation Data Management And Analysis", **EGIS Foundation**, 1994.
6. Hopson P. M., "Geology of the Fareham and Portsmouth District", **British Geological Survey**, Nottingham, 1999.
7. Edwards, S. A., Freshney, E. C., "Geology of the country Southampton", **Memoir of the**

- Geological Survey of Great Britain**, England and Wales, 1987.
8. Apmison, A., Gamble, C., “Shackley, M., Pleistocene Raised Beaches On Ports Down, Hampshire”, **Proceedings of the Hampshire Field Club and Archaeological Society**, 33, 17-32, 1997.
 9. Hodges W. G. H., Woodruff M., Browning G. R. J., “Permeability considerations of the minor aquifers associated with the London Clay Formation (Palaeogene) of South Hampshire”, **5th ICEG Environmental Geotechnics**, Thomas Telford, London, 2006.
 10. Hargreaves, R., Parker, J., “Records of Well in The Area Around Chichester”, **Metric Well Inventory of the Institute of Geological Sciences**, 317, 1980.
 11. Newbold P., “Flood Protection”, **Supplementary Planning Guidance**, Portsmouth City Council, 2004.
 12. Marinoni, O., “A discussion on the Computational Limitations of Outranking Methods for Land-Use Suitability Assessment”, **International Journal of Geographical Information Science**, 20, 1, 69-87, 2005.
 13. Banai-Kashani R., “A New Method For Site Suitability Analysis: The Analytic Hierarchy Process”, **Environmental Management**, 13, 6, 685-693, 1989.
 14. Kolat Ç., Doyuran V., Ayday C., Süzen M.L., Preparation of a Geotechnical Mikrozonation Model Using Geographical Information Systems Based on Multicriteria Decision Analysis, **Engineering Geology**, 87, 241-255, 2006.
 15. Jankowski P., Mixed Data Multicriteria Evaluation For Regional Planning: A Systematic Approach To The Decision Making Process, **Environmental and Planning A**, 21, 349-362, 1989.
 16. Van Der Merwe J. H., “GIS-aided Land Evaluation And Decision-Making For Regulating Urban Expansion: A South African Case Study”, **Geojournal**, 43, 135-151, 1997.
 17. Saaty, T.L., “A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures”, **Journal of Mathematical Psychology**, 15: 234-281, 1977.
 18. Saaty T. L., “How To Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process”, **Interfaces**, 24:19-43, 1994.
 19. Goodchild M. F., “The state of GIS for environmental problem solving”, In: Goodchild, **Environmental Modeling With Gis**. Oxford University Press, 1993.
 20. Saaty T. L., “Decision Making With The Analytic Hierarchy Process”, **Int. J. Services Sciences**, 1, 1, 2008.
 21. Saaty, T.L., “How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process”, **European Journal of Operational Research**, 48:9-26, 1990.
 22. Hodges W. G. H., Woodruff M., Browning G. R. J., “Geotechnics in South-East Hampshire: Geology And Geotechnical Properties”, Advances in Geotechnical Engineering The Skempton conference, Thomas Telford, London, 2004.
 23. Aydemir Ş., Aydemir S. E., Ökten N., Öksüz A. M., Sancar C., Özyaba M., “Kentsel Alanların Planlanması ve Tasarımı”, **KTÜ Mimarlık Fakültesi**, Trabzon, 1999.).