



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**SAYISAL YÜKSEKLİK MODELLERİNDE
ÇUKUR DOLDURMA ALGORİTMALARININ
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ VE
GÖLGELENDİRME YÖNTEMİ ÜZERİNDE
ETKİLERİ**

Yasemin YENİEKİNCİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kartografya Anabilim Dalı

Mayıs-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAYISAL YÜKSEKLİK MODELLERİNDE ÇUKUR DOLDURMA ALGORİTMALARININ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ VE GÖLGELENDİRME YÖNTEMİ ÜZERİNDE ETKİLERİ

Yasemin YENİEKİNCİ

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Kartografya Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ

2022, 168 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ
Prof. Dr. İsmail Bülent GÜNDOĞDU
Doç. Dr. Hüseyin Zahit SELVİ

Bu çalışmada yeryüzünün gösteriminde kullanılan farklı yöntemler incelenmiş olup bu metotlardan en güncel olan gölgeleme yöntemi üzerinde durulmuştur. Gölgeleme yöntemi detaylı olarak araştırılmış ve incelenmiştir. Gölgeleme yönteminde kullanılan veriler, aydınlatma değerinin belirlenmesinde kullanılan geometrik hesaplamalar ve gölgelemeyi etkileyen faktörler üzerinde durulmuştur. Yeryüzünün gösteriminde kullanılan yöntemlerden biri olan gölgeleme, yeryüzü topografyasının üç boyutlu olarak canlandırılmasını sağlar. Bu ise yüzeyin hızlı bir şekilde anlaşılmasına olanak tanımaktadır. Gölgeleme yönteminde yeryüzünün bir ışık kaynağı tarafından aydınlatıldığı varsayılır. Aydınlanmanın miktarına göre, ışık aldığı düşünülen yerler açık renkle ifade edilirken ışık almadığı düşünülen yerler koyu renkle ifade edilir. Sayısal yükseklik modellerinin üretimleri sırasında çeşitli nedenlerle hatalı alanlar oluşmaktadır. Bu tür alanlar suyun toplandığı ve hareket edemediği alanlar olup hidrografik analizlerde olumsuz sonuçlara yol açarlar. Bundan dolayı bozuk alanların temizlenmesi ve hidrolojik analizler için uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde anlamlı bir akarsu ağı oluşturulamaz, havzalar tanımlanamaz ve hatalı sonuçlar elde edilir. Hidrolojik analizlerde kullanılan farklı çukur doldurma algoritmaları kullanılarak 4 farklı bölgeye ait ASTER ve SRTM verileri için sayısal yükseklik modellerinde yol açtukları değişimler incelenmiştir. Değişimler belirlenirken çukur doldurma işlemi sonrası elde edilen işlenmiş veri ile orijinal verinin farkı alınmış ve bir fark haritası elde edilmiştir. Elde edilen farklara dair istatistiksel değerler raster analiz yapılarak çizelgeler eşliğinde sunulmuştur. Daha sonra yapılan iyileştirmenin gölgeleme yöntemi üzerindeki etkileri incelenmiş ve yorumlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kullanılan 3 farklı çukur doldurma algoritmasının veri üzerinde farklı etkilere yol açtığı saptanmıştır. Bundan dolayı da elde edilen gölgelemelerde farklılık olduğu görülmüştür. Veriler üzerinde maksimum iyileştirme yapan Fill Sinks xxl, minimum iyileştirme yapan r.fill.dir olmuştur. En iyi sonuçlar ise Fill Sinks (wang&liu) ile elde edilmiştir. Ayrıca gölgeleme öncesi çukur doldurma işlemi uygulanacak ise çukur doldurma işlemi için kullanılacak olan algoritmanın uyguladığı düzeltme miktarı ve düzeltme uygulanan bölgede bulunan doğal ya da yapay objelerin varlığı dikkat edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gölgeleme, çukur doldurma, sayısal yükseklik modeli, topoğrafik harita.

ABSTRACT

MS THESIS

THE IMPACT OF FILL SINKS ALGORITHMS IN DIJITAL ELEVATION MODELS AND THEIR INFLUENCE ON HILL SHADING METHOD

Yasemin YENİEKİNCİ

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Cartography**

Advisor: Prof. Dr. İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ

2022, 168 Pages

Jury

**Prof. Dr. İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ
Prof. Dr. İsmail Bülent GÜNDOĞDU
Doç. Dr. Hüseyin Zahit SELVİ**

In this study, different methods used in the representation of the earth were examined and the most up-to-date shading method was emphasized. The shading method has been researched and studied in detail. The data used in the shading method, the geometric calculations used in determining the lighting value, and the factors affecting the shading are emphasized. Shading, which is one of the methods used in the representation of the earth, provides three-dimensional animation of the earth's topography. This allows a quick understanding of the surface. In the shading method, it is assumed that the earth is illuminated by a light source. According to the amount of illumination, places that are thought to receive light are expressed in light color, while places that do not receive light are expressed in dark color. During the production of digital elevation models, faulty areas occur for various reasons. Such areas are areas where water collects and cannot move, and they lead to negative results in hydrographic analysis. Therefore, it is necessary to clean the damaged areas and make them suitable for hydrological analysis. Otherwise, a meaningful river network cannot be created, basins cannot be defined and erroneous results are obtained. By using different pit filling algorithms used in the hydrological analysis, changes in digital elevation models for ASTER and SRTM data belonging to 4 different regions were examined. While determining the changes, the difference between the processed data obtained after the pit filling process and the original data was taken and a difference map was obtained. Statistical values of the differences obtained are presented with the help of tables by making a raster analysis. Afterward, the effects of the improvement on the shading method were examined and interpreted. According to the results obtained, it was determined that 3 different pit filling algorithms used had different effects on the data. Therefore, it was observed that there was a difference in the shadings obtained. Fill Sinks xxl, which made the maximum improvement on the data, became r.fill.dir, which made the minimum improvement. The best results were obtained with Fill Sinks (wang&liu). In addition, it was concluded that if the pit filling process is to be applied before shading, the amount of smoothing applied by the algorithm to be used for the pit filling process and the presence of natural or artificial objects in the area where the smoothing is applied should be considered.

Keywords: Shading, fill sinks, digital elevation model, topographic map.

ÖNSÖZ

Çalışma boyunca gerek engin bilgi birikimi gerekse de olumlu tavırlarıyla desteğini eksik etmeyen, farklı bakış açıları kazanmamı sağlayan ve kendi çalışma konumda dahil olmak üzere birçok akademik konuda şahsıma katmış olduğu bilgi ve becerilerden ötürü kendisiyle çalışmaktan gurur duyduğum çok değerli danışman hocam Prof. Dr. İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ'ye sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca tüm eğitim hayatım boyunca yanımda olan, gerek maddi gerekse de manevi desteklerini asla esirgemeyen babam İsmail YENİEKİNCİ ve annem Nesibe YENİEKİNCİ'ye sevgilerimi sunar ve teşekkür ederim.

Yasemin YENİEKİNCİ
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Gölgeleme Yöntemi ile ilgili Yapılan Çalışmalar	3
2.2. Çukur Doldurma Yöntemi ile ilgili Çalışmalar	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	7
3.1. Topoğrafik Harita ve Yeryüzünün Gösteriminde Kullanılan Yöntemler	7
3.2. Gölgelemdirmenin Geometrik Temelleri ve Gölgelemeyi Etkileyen Faktörler ...	10
3.3. Çukur Doldurma Algoritmaları	17
3.4. Sayısal Yükseklik Modeli ve Hata Kaynakları.....	18
3.5. Sayısal Yükseklik Modeli Veri Kaynakları	19
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	21
4.1. Bölge 1 (ASTER).....	24
4.1.1. Uygulama 1.....	24
4.1.2. Uygulama 2.....	34
4.1.3. Uygulama 3.....	37
4.2. Bölge 1 (SRTM)	40
4.2.1. Uygulama 4.....	41
4.2.2. Uygulama 5.....	48
4.2.3. Uygulama 6.....	51
4.3. Bölge 2 (ASTER).....	52
4.3.1. Uygulama 7.....	53
4.3.2. Uygulama 8.....	66
4.3.3. Uygulama 9.....	74
4.4. Bölge 2 (SRTM)	77
4.4.1. Uygulama 10.....	78
4.4.2. Uygulama 11.....	81
4.4.3. Uygulama 12.....	86
4.5 Bölge 3 (ASTER).....	89
4.5.1. Uygulama 13.....	89
4.5.2. Uygulama 14.....	96
4.5.3. Uygulama 15.....	102

4.6. Bölge 3 (SRTM)	105
4.6.1. Uygulama 16.....	106
4.6.2. Uygulama 17.....	113
4.6.3. Uygulama 18.....	118
4.7. Bölge 4 (ASTER).....	120
4.7.1. Uygulama 19.....	120
4.7.2. Uygulama 20.....	129
4.8. Bölge 4 (SRTM)	136
4.8.1. Uygulama 21.....	136
4.8.2. Uygulama 22.....	142
4.8.3. Uygulama 23.....	147
4.9. Tartışma	150
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	154
5.1 Sonuçlar	154
5.2 Öneriler.....	155
KAYNAKLAR	156
EKLER	158

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

ALOS: Advanced Land Observation Satellite (Gelişmiş Kara Gözlem Uydusu)

ASTER: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflectance Radiometer (Uzaktan Algılama Uydusu)

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemleri

CMYK: Cyan, Magenta, Yellow and Key (Renk Uzayı)

GDAL: Geospatial Data Abstraction Library (Coğrafi Veri Soyutlama Kütüphanesi)

GEBCO: The General Bathymetric Chart of the Oceans (Okyanusların Genel Batimetrik Çizelgeleri)

GMT: Generic Mapping Tools (Genel Haritalama Araçları)

GRASS: Geographic Resources Analysis Support System (Coğrafi Kaynaklar Çözümleme Destek Dizgesi)

HGM: Harita Genel Müdürlüğü

NASA: National Aeronautics and Space Administration

RGB: Red, Green and Blue (Renk Modeli)

SAGA: System for Automated Geoscientific Analyses (Otomatik Yerbilimsel Analizler Sistemi)

SRTM: Shuttle Radar Topography Mission (Uzaktan Algılama Uydusu)

SYM: Sayısal Yükseklik Modeli

SAM: Sayısal Arazi Modeli

TIN: Triangular Irregular Network (Düzensiz Üçgen Ağı)

UTM: Universal Transverse Mercator (Projeksiyon)

QGIS: Quantum GIS (Açık Kaynaklı Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılımı)

1. GİRİŞ

İnsanlar geçmişten günümüze kadar çevrelerindeki olayları ve objeleri anlamaya ve kavramaya çalışmıştır. Bu olayların ve objelerin bir kısmını gözle görmek ve kavramak mümkündür. Fakat daha büyük yapıdaki olay ve objeleri direkt olarak bir bütün halinde görmek mümkün olmayabilmektedir. Bu tür olaylar ve objelerin belirli miktarda küçültülmesi bir bütün halinde algılamamıza imkan tanımıştır. Söz konusu bu küçültme işlemi kartografyanın uğraş alanına girmektedir. Yeryüzünün tamamının ya da belirli bir parçasının veya diğer gök cisimlerinin belirli oranlarda küçültülmesi ve bilgi azaltımı yapılması ile haritalar elde edilmiştir (Bildirici, 2019). Haritalar; işlenen konulara ilişkin bilgilerin elde ediliş biçimi, ölçek ve işlenen konuların içeriği gibi üç bakış açısına göre sınıflandırılır. İşlenen konuların içeriği bakımından haritalar, topoğrafik ve tematik olarak ikiye ayrılır. Topoğrafik haritalarda yeryüzünün gösterimi mutlaka yapılır. Yeryüzünün gösterimi, tarama yöntemi, eş yükseklik eğrileri yöntemi, renk katmanları yöntemi ve gölgeleme yöntemi ile gerçekleştirilir. Yeryüzünün gösteriminde kullanılan yöntemlerden biri olan gölgelendirme, yeryüzü topografyasının üç boyutlu olarak canlandırılmasını sağlar. Bu ise yüzeyin hızlı bir şekilde anlaşılmasına olanak tanımaktadır.

Topografyayı temsil eden Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) hidrolojik analizlerin temel girdisini oluşturmaktadır. SYM üretimi sırasında çeşitli nedenlerle hatalı alanlar (yüksekliği olmayan ya da hatalı olan noktalar nedeniyle oluşan, doğada olmayan çukurluklar) oluşmaktadır. Bu tür alanlar suyun toplandığı ve hareket edemediği alanlar olup hidrografik analizlerde olumsuz sonuçlara yol açarlar. Bundan dolayı bozuk alanların temizlenmesi ve hidrolojik analizler için uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Aksi taktirde anlamlı bir akarsu ağı oluşturulamaz, havzalar tanımlanamaz ve hatalı sonuçlar elde edilir. Çukur doldurma sırasında, çukurluklar su akışına uygun olarak doldurulur ve yeni bir yüzey oluşturulur. Bu, çevredeki topoğrafyadan akış yollarının çıkarılabileceği bir yüzey üretir. Bu yöntem SYM'lerden akarsu ağlarının oluşturulması ve su toplama havzalarının belirlenmesini kolaylaştırır. Hidrolojik analizlerin yanı sıra çukur doldurma yöntemlerinin gölgeleme işleminden önce uygulanması gölgelemeyi de etkilemektedir. Bazı alanlarda çukur doldurma yöntemi gölgelemeyi olumlu etkilerken bazı alanlarda olumsuz yönde etkilemektedir. Topoğrafyada yer alan doğal ve yapay objelere göre çukur doldurma işleminin gölgeleme üzerindeki etkisi değişkenlik

göstermektedir. Bununla beraber SYM elde edilirken ortaya çıkan çizikler, noktalar gibi kaynağı belirsiz şekillerin elimine edilmesi ya da tamamen ortadan kaldırılması ise gölgelemeyi olumlu etkilemektedir.

Tez çalışmasının birinci kısmı giriş kısmıdır ve tez çalışmasının genel hatlarından bahsedilmiştir. İkinci kısmı kaynak araştırması kısmıdır. Üçüncü kısmı materyal ve metod kısmıdır. Topoğrafik harita, yeryüzünün gösteriminde kullanılan yöntemler, gölgeleme yöntemi ve geometrik temelleri ile gölgeleme yöntemini etkileyen faktörler üzerinde durulmuştur. Ayrıca çukur doldurma yöntemleri, çukur doldurma yöntemlerinde kullanılan SYM veri kaynakları ve SYM hata kaynaklarına değinilmiştir. Dördüncü kısım araştırma sonuçları ve tartışma kısmıdır. Tez çalışması için ele alınan coğrafi bölgeler ve tez çalışmasında kullanılan çukur doldurma yöntemlerinden bahsedilmiştir. Kullanılan çukur doldurma algoritmaları arasında hangi yöntemin daha iyi sonuç verdiği yönünde karşılaştırmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar yorumlanarak çukur doldurma yönteminin gölgeleme işleminden önce uygulanıp uygulanmaması yönünde kanılara varılmıştır. Son olarak seminer çalışması sonuçlar ve öneriler kısmı ile sonlandırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Gölgeleme Yöntemi ile ilgili Yapılan Çalışmalar

Bildirici (2019), genel kartografya ve harita projeksiyonları konusunu iki bölüm şeklinde ele almıştır. Bizim çalışma konumuzu da kapsamakta olan genel kartografya kısmında; kartografya ve harita kavramlarının tanımları, haritaların genel özellikleri, sınıflandırılması, yayımlanış biçimleri ve ölçek, yeryüzünün şekli ve boyutları, kartografik tasarım ve genelleştirme, topoğrafik haritaların tasarımı ve Türkiye’de topoğrafik harita yapımı konuları üzerinde durmuştur. Bildirici, yeryüzünün gösteriminde kullanılan perspektif ve şematik yöntemler üzerinde durmuştur. Yeryüzü gösteriminde kullanılan ilk yöntemler, tarama yöntemi, eş yükseklik eğrileri yöntemi, gölgeleme yöntemi ve renk katmanları yöntemlerini açıklamış ve bazı yöntemler için SRTM1 verileri kullanarak GMT yazılımında örnekler sunmuştur. Ayrıca renk katmanları ve gölgeleme yönteminin birlikte kullanıldığı bir örnek sunmuştur. Yeryüzünün modellenmesi konusunda SAM, SYM, üçgen model ve grid model konularına değindikten sonra yeryüzü gösteriminde kullanılan veri kaynaklarından da bahsetmiştir.

Çobanoğlu (2016), sayısal kartografya uygulamaları ile birlikte klasik kartografya konusunu yeniden ele almıştır. Konular, sayısal uygulama ve açıklamaları ile zenginleştirilmiştir. Sayısal uygulamalar, ArcMap yazılımları kullanılarak hazırlanmış ve ana başlıklar şeklinde açıklanmıştır. Çobanoğlu, ayrıca tarama yöntemi, gölgeleme yöntemi, münhani (eş yükseklik eğrileri) yöntemi ve renk katmanları yöntemlerini detayları ile açıklamıştır.

Horn (1981) çalışmasında, bir yeryüzü parçasının tuttuğu ışığın, yeryüzü parçasının ışık kaynağına göre olan eğikliğine bağlı olduğunu ve ışık kaynağından bakıldığı zaman yeryüzü parçasının küçük görüldüğünü ve görünen alanın yansıma açısının kosinüsü ile çarpımına eşit olduğunu belirtmiştir. Parlaklık ile ışığın geliş açısının doğru orantılı kabul edildiği bu durum gerçek durumla uyuşmamaktadır. Bunun sebebi ise ışığın mekanizmaya bağlı olarak farklı yönlerden farklı şekillerde yansımasıdır. Bu bağlamda yeryüzü parçasının üzerine gelen ışığın tamamını yansıtan ve de eşit parlaklıkta görünen Lambert Yansıması varsayımı kabul edilmiştir.

Imhof (2007), her tür ve ölçekteki haritalarda yeryüzünü düzgün bir şekilde göstermek için kılavuzlar sunmuştur. Kartografik rölyef sunumu ve tarihine değinen Imhof, Leonardo da Vinci'nin 1502 ve 1503'te çizdiği Toscana haritalarında, soldan aydınlatılmış gölgelendirme formlarının eğik gölgeli görünümlerini içeren bir yöntem kullandığını ayrıca bundan yarım asır sonra İsviçre'de Zürih çevresindeki alanın baskılarında da gölgeli yan görünümler kullanıldığını belirtmiştir. Çalışmada, gölgelendirmede kullanılan kuşbakışı görünümünün ise ilk kez bu olaydan bir asır sonra Gygers tarafından çizilen haritalarda ortaya çıktığına değinmiştir. Küçük ölçeklerde genel veya türetilmiş haritaların kullanımını ele almış ve topoğrafik haritaların tasarımı konusu bağlamında kabartma yönteminin topoğrafik temellerini ortaya koymuştur. Imhof, iki boyutlu bir düzlemde üç boyutlu bir yüzeyi temsil etmeye çalışmaktan kaynaklanan kabartma haritalardaki problemler üzerinde durmuş ayrıca bir harita ve bir resim arasındaki farkları araştırmıştır.

Slocum ve ark. (2014), yeryüzünün tamamını ya da yeryüzüne ait bir arazi parçasının gösterilmesinde kullanılan yöntemler üzerinde durmuş ayrıca yeryüzü parçasına ait dikey görünümlere (bilgisayar tabanlı gölgeli rölyeflere) değinmişlerdir. Bunun için arazi gösteriminde kullanılan farklı tekniklere ve temsil için kullanılan veri türlerine değinilmiştir. İncelenen arazi gösterimi yöntemlerinde, arazi yüzeyinin eğik bir açı ile kuzeybatıdan aydınlatıldığı varsayılmıştır. Yeryüzü gösteriminde kullanılan yöntemlerde farklı yaklaşımlar kullanılmaktadır. Örneğin tarama yönteminde, tarama çizgilerinin kalınlığı eğik bir açı altında gelen ışık kaynağına bağlıdır. Işık miktarı fazla ise tarama çizgilerinin kalınlığı fazla olurken ışık miktarı az ise tarama çizgilerinin kalınlığı daha az olmaktadır. Ayrıca ışık kaynağına bakan tarama çizgileri beyaz, ışık kaynağına bakmayan tarama çizgileri ise siyah ile çizilmektedir. Slocum ve arkadaşları, yeryüzü gösteriminde kullanılan gölgeleme yöntemini ayrıntıları ile ele almışlardır. Bu bağlamda, bir piksele ait gri değerin hesaplanabilmesi için Lambert Yansıma formülü incelenmiştir. Lambert yansıması için girdi verisinde yer alan yükseklik değerleri 3x3 lük bir pencere de temsil edilmiştir. Daha sonra piksellerin yükseklik değerleri kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Burada bir pikselin eğimi (yüzey normali) çevresindeki piksellerin yüksekliğinden yararlanılarak bulunmuştur. Bir pikselin yüzey normali bulunurken, kendisi merkezde olmak kaydıyla, çevresindeki tüm pikseller kullanılabileceği gibi, yalnızca sağ, sol, alt ve üstteki piksellerde kullanılabilir ya da sadece bir komşu pikselden de yararlanılarak yüzey normali hesaplanabilmektedir. Pikselin eğimini bulmak için

yapılan farklı hesaplamalar eğim değerlerini değiştireceği için elde edilen gölgeleme de değişmektedir. Ayrıca Lambert yansıma değerinin, görüntülenebilmesi veya yazdırılabilmesi için uygun bir RGB veya CMYK değerlerine dönüştürülmesi gerektiği vurgulanmıştır. Her RGB rengi için yoğunlukları 0 ile 255 arasında değişen bir grafik ekranı varsayıldığında, RGB değerleri, Lambert yansıma düzeyinin 255 ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Her bir değere bir gri tonu üretmek için aynı değer kullanılmaktadır.

2.2. Çukur Doldurma Yöntemi ile ilgili Çalışmalar

Garbrecht ve Martz'ın (1996) yapmış oldukları çalışmada, arazilerde drenajın genellikle daha yüksek ve daha alçak arazilere doğru olduğunu ifade etmişlerdir. Böyle bir drenaj üretmek için, düz bir yüzeyin SYM yüksekliklerini biri yüksek araziden uzağa, diğeri daha alçak araziye doğru olacak şekilde değiştirmişlerdir. Çalışma kapsamındaki yaklaşım, düz yüzeyin şekli, kenarındaki çıkışların sayısı veya çevreleyen topografyanın karmaşıklığı ile sınırlı olmamasıdır. “Paralel akış” problemini ele alarak gerçekçi drenaj modelleri üretme üzerine araştırmalar yapmışlardır. Ayrıca otomatikleştirilmiş SYM işlemeyi, mevcut yöntemlerin bir drenaj analizi yapmak için yetersiz kaldığı dijital arazilere kadar genişletmişlerdir.

Liang ve MaCkay (2000), daha önceleri uygulanan bir SYM'deki hataları arama algoritmalarından daha sağlam bir arama algoritması kullanmıştır. Çalışma kapsamında havza çıkarma ve temsil algoritmalarının bazı eksiklikleri incelenmiştir. Birçok modern hidrolojik model, CBS'ye dahil edilmiş otomatik dijital arazi analiz fonksiyonları tarafından sağlanan veri girişlerini gerektirmektedir. Bu tarz veri girişleri, yüzey akış yönlerini, yukarı eğime katkıda bulunan alanları ve alt havza bölümlerini temsil eden alanları içermektedir. Hem kullanıma hazır CBS paketlerindeki hem de son literatürdekiler de dahil olmak üzere mevcut raster tabanlı arazi analiz araçları, dağlık topoğrafyada sayısal yükseklik verileriyle çalışmak üzere tasarlanmıştır. Yükseklik verilerindeki bazı hatalar; büyük taşkın ovaları, göller, sulak alanlar ve nispeten düz alanları içerebilen değişken topoğrafyada insan müdahalesi olmadan akış yönlerine uyum sağlayamamaktadır. Bundan dolayı, yükseklik veri setlerinde yer alan hataların otomatik olarak uyum sağlayabileceği akış yönleri, yukarı eğime katkıda bulunan alanlar ve alt havza bölümlerinin hesaplanması için genel bir model sunulmaktadır. Model, veri

içindeki herhangi bir konumdan maksimum değeri çıkarmak için genişlik öncelikli arama ve global optimizasyonun bir kombinasyonunu kullanmaktadır. Modelin, çok sayıda deneysel kurala ihtiyaç kalmadan büyük taşkın ovaları, göller ve düz alanlar içeren topografyayı ele almada iyi çalıştığı sonucuna varılmıştır.

Wang ve Liu (2006), geleneksel yöntemlerden farklı bir çalışma ele almışlardır. Tüm geleneksel yöntemler, bir hücrenin doldurulmasının gerekip gerekmediğini ve hatasız bir SYM yapmak için hücrenin ne kadar doldurulması gerektiğini belirlemeden önce çöküntülerin işaretlenmesini, çöküntülerin havzalarının betimlenmesini ve akış noktalarının belirlenmesini gerektirmektedir. Buna karşılık, bu çalışmada, SYM’de yer alan hatalı piksellerin havzalarının önceden tanımlanması olmaksızın, her bir piksel için doğrudan bir dökülme yüksekliği değeri hesaplanmıştır. Aşamalı olarak optimum akış yolları oluşturulması ve dökülme yüksekliği değerlerinin çıkışlardan iç piksellere doğru yayılmasını sağlayan en düşük maliyetli arama algoritması kullanılmıştır. Bu yöntem, boşluksuz bir SYM üretebilme ve yüzey çöküntülerinin konumlarını ve derinliğini belirleyebilme imkanı sunmuştur. Bu çalışmada C++ kullanılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Topoğrafik Harita ve Yeryüzünün Gösteriminde Kullanılan Yöntemler

Topoğrafik harita, yeryüzünün tamamının ya da yeryüzüne ait bir parçanın bitki örtüsü, arazi yüzeyi durumu, deniz, göl, akarsu, yol, çeşme, yerleşim yerleri, enerji nakil hatları vb. yapay ve doğal objelerin birbirleri ile olan çevresel ilgisinin belirli bir ölçek kullanılarak eş yükseklik eğrileri yardımıyla yatay düzlem üzerinde gösterilmesidir (Bildirici, 2019). Bunun yanı sıra birbirleriyle ilişkili farklı harita özelliklerini bir arada görmemize olanak tanıyabilmesi açısından oldukça karmaşık haritalardır (Robinson ve ark., 1995; Bollmann ve ark., 2002; Vereshchaka 2002; Buckley ve ark., 2005).

Geçmişten günümüze kadar farklı teknikler kullanılarak arazi topografyası yatay bir düzlem üzerinde temsil edilmiştir. Ölçme işlemlerinde kullanılan eski tekniklerin geliştirilmesi, yersel ölçümler, havai ve nirengi ölçümleri ile eski basım yöntemlerinin terk edilip yeni, pratik ve daha az maliyetli basım yöntemlerinin ortaya çıkması yeryüzünün gösteriminde kullanılan eski tekniklerin yerini aşağıdaki dört tekniğe bırakmıştır (Bildirici, 2019; Çobanoğlu, 2016):

- Tarama yöntemi
- Yükseklik eğrileri yöntemi
- Renk katmanları yöntemi
- Gölgeleme yöntemi

Tarama yönteminde çizgi kalınlığının bir ışık kaynağı kullanılarak yerel yüzey yansımalarının hangi yönde olduğuna göre değiştiği, genellikle yakın olduğu varsayılmaktadır. Işık kaynağının haritaya göre sol üst köşede olduğu varsayılmaktadır. Yani üstte kuzey olan haritalar için bu, kuzeybatıya karşılık gelmektedir. Bu yönde aşağı doğru eğimli alanlar hafif bir tonla tasvir edilirken, bu yönde yukarı doğru eğimli alanlar koyu bir ton ile tasvir edilmektedir (Chauven, 1852; Vogel, 1893).

Arazide aynı yükseklikte yer alan noktaların üzerinde bulunduğu düzleme nivo yüzeyi denilmektedir. Belirli bir nivo yüzeyi, referans yüzeyi olarak alınırsa bu yüzeyin üstünde kalan eğriler yükseklik eğrileri, altında kalan eğriler ise derinlik eğrileri olarak adlandırılmaktadır. Referans yüzeyi olarak çoğunlukla ortalama deniz seviyesi baz

alınmaktadır (Bildirici, 2019; Çobanoğlu, 2016). Eş yükseklik yönteminde, yükseklik eğrileri çizilirken yükseklikleri belirli noktalar arasında enterpolasyon yapılır. Enterpolasyon sonucunda aynı yüksekliğe sahip olan izdüşüm noktaları birleştirilir. Sonuçta elde edilen, yükseklik eğrilerinin haritadaki karşılığıdır.

Renk katmanları yöntemi üç farklı şekilde uygulanabilmektedir. Bunlardan ilki arazi yüzeyi renklerle temsil edilirken kayalık, 13 kumluk ve bitkilerle kaplı alanlar için farklı renkler kullanılmaktadır. Bu yöntemde arazi yüzeyi tam anlamıyla ifade edilemezken yükseklik farkları ise gösterilememektedir. İkinci yöntemde yükseklik alanları renklerle temsil edilir. Son olarak üçüncüsü ise bu iki yöntemin birleştirilerek beraber kullanılmasıdır (Çobanoğlu, 2016). Yükseklik renklerle ifade edildiği zaman iki yükseklik eğrisi arasında kalan kısım aynı renkle ifade edilir. Yükseklik eğrileri arasında kalan kısımların bu şekilde aynı renklerle ifade edilmesine renkli yükseklik katmanları denilmektedir (Bildirici, 2019).

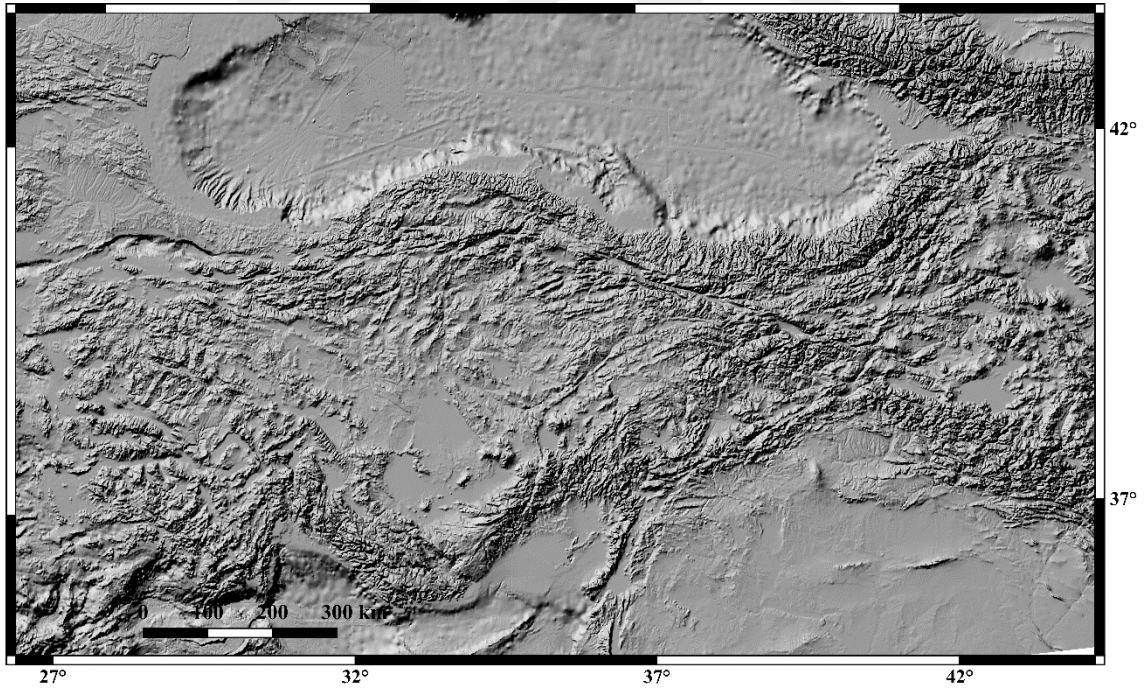
Yeryüzünün gösteriminde kullanılan yöntemlerden biri olan gölgelendirme, yeryüzü topografyasının üç boyutlu olarak canlandırılmasını sağlar. Bu ise yüzeyin hızlı bir şekilde anlaşılmasına olanak tanımaktadır. Bununla birlikte, gölgelendirme yöntemi doğru arazi yükseklikleri sağlamaktadır. Fakat yeryüzünün şeklini belirleyebilmek için doğru ve dikkatli inceleme yapılması gereklidir.

Gölgeleme yönteminde yeryüzünün bir ışık kaynağı tarafından aydınlatıldığı varsayılır. Aydınlanmanın miktarına göre, ışık aldığı düşünülen yerler açık renkle ifade edilirken ışık almadığı düşünülen yerler koyu renkle ifade edilir. Işık kaynağının sol üst köşede yani kuzeybatı yönünde olduğu ve ışınların bu yönden geldiği en çok kabul gören uygulamadır. Başka bir görüşe göre ise ışınların güney yönlü olarak geldiği varsayılır. Böyle bir durumda ışık kaynağı, kuzey yarı kürede yeryüzünü güney yönünden aydınlatmaktadır (Uçar ve Uluğtekin, 2006'dan akt. Bildirici, 2019). Gölgeleme yöntemi tek başına 1/25 000 ve daha küçük ölçekli haritalara uygulanabilir. Orta ölçekli haritalar için eş yükseklik eğrileri ile beraber kullanılırken çok daha küçük ölçekli fiziki haritalar için renkli yükseklik katmanları ile beraber kullanılır (Bildirici, 2019).

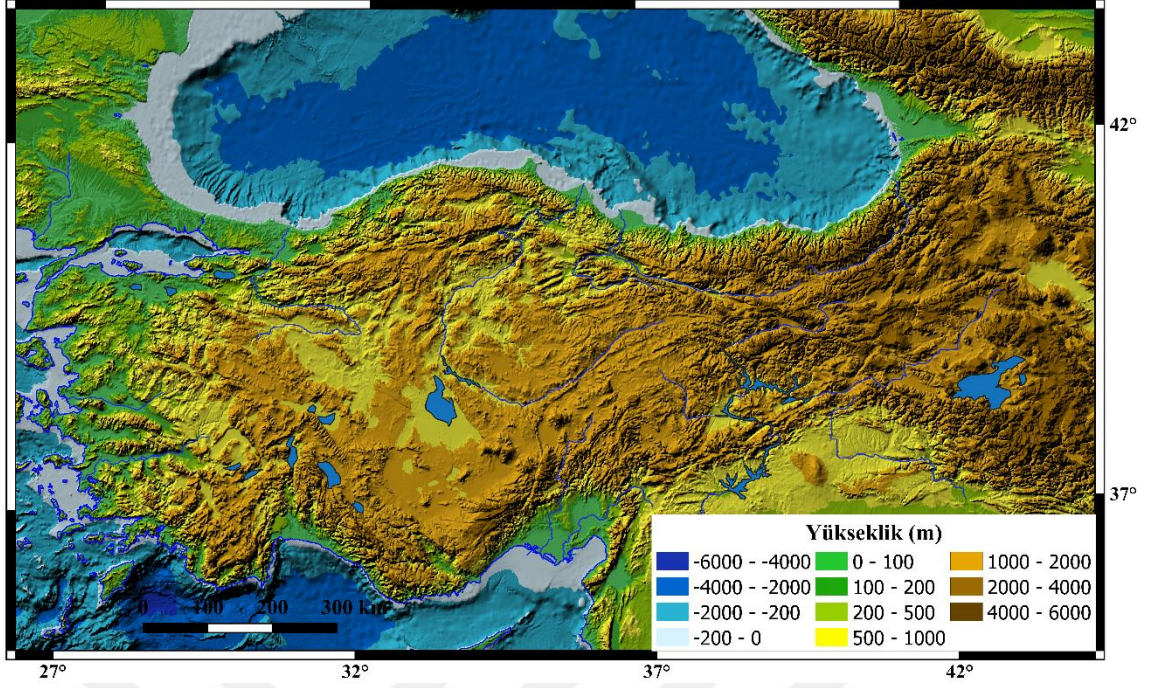
Gölgeleme yöntemi ile oluşturulan haritalar, daha önceleri manuel yöntemler kullanılarak elde edilmekteydi. Manuel yöntem kullanılarak oluşturulan haritalar, mevcut eş yükseklik

haritalarından, sırt ve akarsu hatlarından elde edilmekteydi. Bu yavaş ve kesin olmayan bir işlemdi. Bu tür haritalar manuel yöntemler kullanarak oluşturulduğundan dolayı her birey, doğasında bulunan öznel yargı nedeniyle kaçınılmaz olarak farklı sonuçlar üretmekteydi. Aynı araziye ait yüzey özelliklerinin aynı ölçekte ifade edilmesine rağmen ortaya çıkan bu farklılıklar, gölgeleme açısından bir problem yaratmaktaydı (Horn, 1981). Eğik gölgeleme ve eğik yamaç gölgelemesi manuel olarak yapılan gölgeleme türleridir. Kalemler ve püskürtme cihazları kullanılmaktadır (Çobanoğlu, 2016).

Mekanik gölgeleme yönteminde araziye ait yükseklik ölçeği ve arazinin morfolojik özellikleri dikkate alınarak bir kabartma harita elde edilir. Daha sonra oluşturulan kabartma haritalardan yararlanılarak bir model elde edilir. Elde edilen model kuzeybatı yönünden ışıklandırılır ve odak uzaklığı büyük olan bir kamera yardımıyla fotoğraflanır. Mekanik gölgelemede aydınlatma sırasında meydana gelebilecek olan zararlı ışık etkilerinden kurtulmak için ışık kaynağı birden fazla seçilir (Çobanoğlu, 2016).



Şekil 3.1: Gölgeleme örneği



Şekil 3.2: Gölgeleme yöntemi ile renkli yükseklik katmanları yöntemlerinin kombinasyonuna dair bir örnek

Şekil 3.1’de GEBCO’ (<https://download.gebco.net/>) dan alınan SYM verileri kullanılarak QGIS’te oluşturulmuş bir gölgeleme örneği yer almaktadır. Şekil 3.2’de ise yine aynı veriye ait gölgeleme yöntemi ve renkli yükseklik katmanları yönteminin birlikte kullanılması ile elde edilen bir gölgeleme örneği yer almaktadır.

3.2. Gölgelelendirmenin Geometrik Temelleri ve Gölgelemeyi Etkileyen Faktörler

Gölgelelendirmede, ışığın bir yüzeyden nasıl yansıtılabileceği ve kullanılan gri değerlerin hangi modelden türetilmesi gerektiği fikri ortaya çıkmıştır. Gölgeleme ve karşılıklı aydınlatma etkileri göz ardı edildiği zaman, yansıyan yoğunluğun yerel yüzey eğiminin bir fonksiyonu olduğu ifade edilmiştir. Gri tonu hesaplamak için yüzeye ait her pikselin yönüne dayalı bir yöntemin seçimi, uzun yıllar tartışma konusu olmuştur (Horn, 1981). Yaygın olarak Lambert yansıması yöntemi kullanılmıştır.

Lambert yansımasında bir pikselin eğimi (yüzey normali) çevresindeki piksellerin yüksekliğinden yararlanılarak bulunur. 3x3 pikselden oluşan bir veride (Şekil 3.3) ortadaki piksel için Lambert yansımasını hesaplayalım. Bu piksele ait S_x , S_y eğimleri eşitlik (3.1) ve (3.2)’ye göre hesaplanır.

$$S_x = \frac{Z(2,3) - Z(2,1)}{2M} \quad (3.1)$$

$$S_y = \frac{Z(3,2) - Z(1,2)}{2M} \quad (3.2)$$

Z= Piksellerin yükseklik değerleri

M= Pikseller arasındaki mesafe

Z(1,1)	Z(1,2)	Z(1,3)
Z(2,1)	Z(2,2)	Z(2,3)
Z(3,1)	Z(3,2)	Z(3,3)

Şekil 3.3: 3x3 pikselden oluşan temsili bir veri

Daha sonra eşitlik (3.3) kullanılarak yüzey normalinin eğimi hesaplanır.

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} \quad (3.3)$$

Eşitlik (3.3)'den elde edilen, eğim açısının tanjant değeridir. Yüzey normal vektörünün azimutu ise eşitlik (3.4)'teki gibidir.

$$\tan A_f = \frac{S_y}{S_x} \quad (3.4)$$

Eğim açıları kullanılarak oluşturulan Lambert yansımaya eşitliği (3.5)'deki gibidir (Slocum ve ark., 2014; Bildirici, 2020). Burada yansımaya açısı (i)'nin kosinüsü bulunur. Bulunan yansımaya değeri 255 ile çarpılarak bir gri değeri hesaplanır.

$$\cos i = L_r = \cos(A_f - A_s) \cos E_s \cos E_f + \sin E_s \sin E_f \quad (3.5)$$

L_r = Yansımada değeri (0.0- 0.1)

E_f = Yüzey normalinin eğim açısı

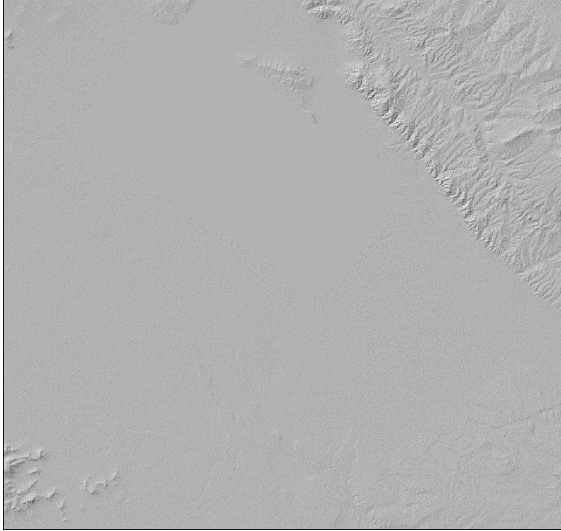
E_s = Işık kaynağının eğim açısı

A_f = Yüzey normalinin azimutu

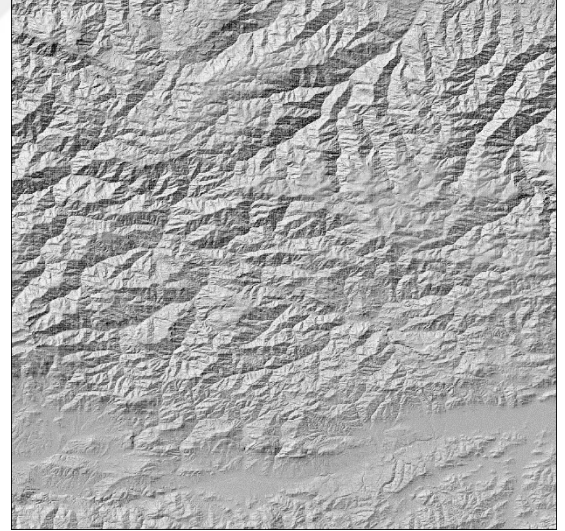
A_s = Işık kaynağının azimutu

Gölgelemede temel faktörler; ışık kaynağından yansıyan ışığın yönü, ışık kaynağının yükseklik açısı, azimutu, arazinin eğimi, arazinin coğrafi yapısı ve düşey abartma miktarıdır. Yeryüzünde bulunan her alanın gösterimi gölgeleme yöntemi için uygun olmamaktadır. Bazı alanlar oldukça düz bazı alanlar ise yükseklik değişiminin sık olduğu dağlık ve engebeli alanlardır. Bu yüzden gölgeleme yöntemi uygulanacak olan alan bu faktör dikkate alınarak seçilmelidir.

KONYA OVASI

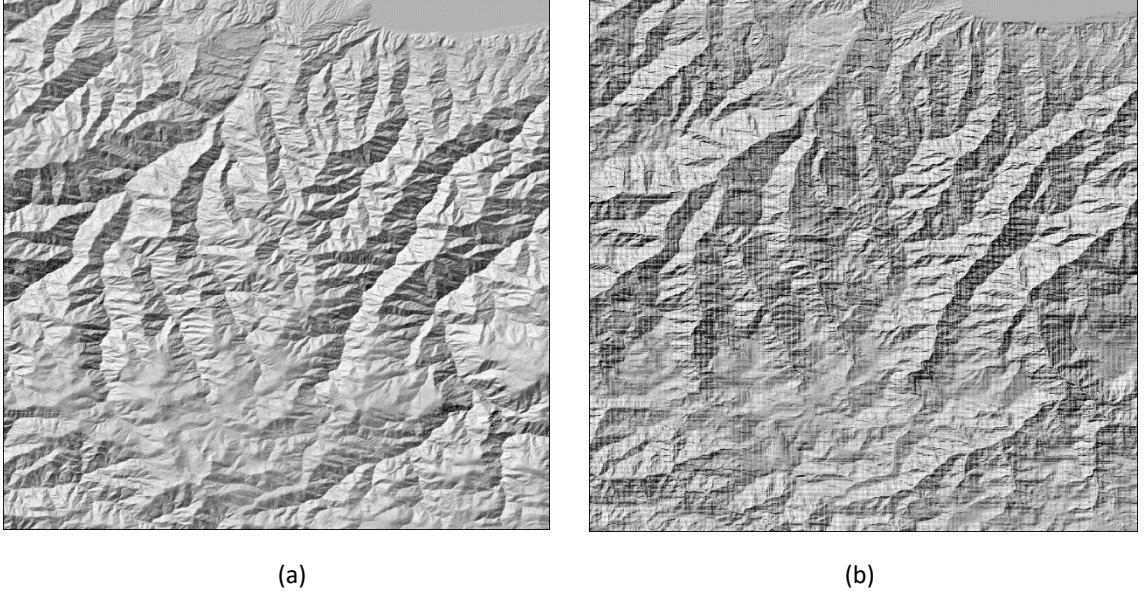


TRABZON



Şekil 3.4: QGIS ile gölgeleme yönteminde, yeryüzü parçasının coğrafi yapı faktörünün Konya ovası ve Trabzon örnekleriyle karşılaştırılması

Şekil 3.4’de Trabzon ve Konya Ovası gölgeleme açısından karşılaştırılmıştır. Konya Ovası, Trabzon’a kıyasla daha düzlük bir alana sahiptir. Trabzon daha dağlık ve yükseklik değişimlerinin sık olduğu bir yer olduğu için gölgeleme yöntemi yeryüzünün üç boyutlu görüntülemesi açısından Konya Ovası’na göre daha iyi bir sonuç vermektedir.



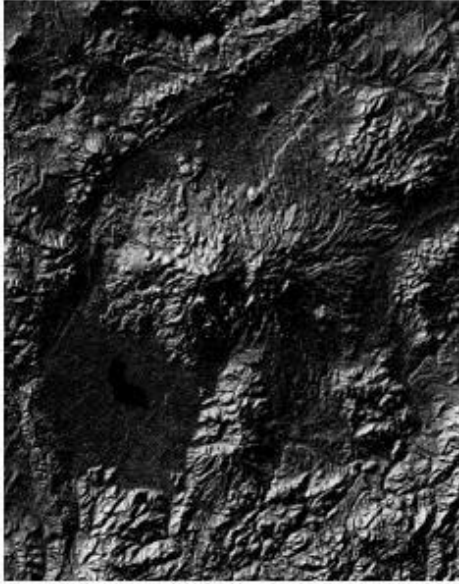
Şekil 3.5: QGIS ile ışık kaynağı kuzeybatı (a) olarak seçildiğinde tepe olarak gözüken yerler ışık kaynağı güneydoğu (b) olarak seçildiğinde çukur olarak algılanması örneği

Genel olarak ışık kaynağının yönü kuzeybatı olarak seçilmektedir. Bunun nedeni ışık kaynağından gelen ışınlar, okuma ve yazmadaki geliş doğrultusuna benzer bir biçimde yeryüzü parçasını eğik bir açı ile sol üst köşeden aydınlatmaktadır. Güneşin doğudan doğup batıdan battığı düşünüldüğünde ışık kaynağı yönünün kuzeybatı olması yaşadığımız coğrafyada doğaya aykırıdır çünkü kuzey yarımküre güneyden aydınlanmaktadır.

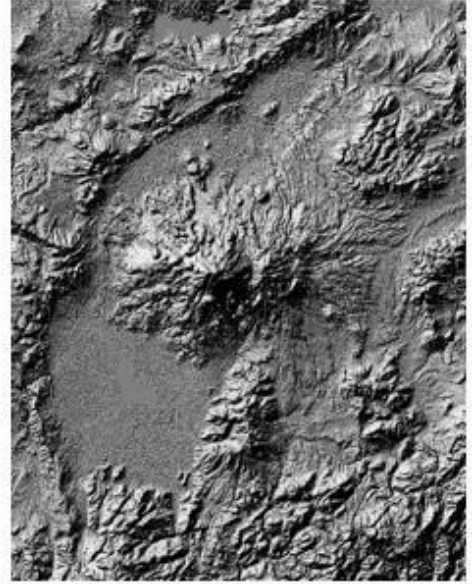
Işık kaynağı yönünün güney, güneybatı ya da güneydoğu olması gerektiğini savunan düşüncelerde mevcuttur. Bu şekilde gelen ışık kuzey yarım kürede yeryüzünü güneyden aydınlatmaktadır. Işık kaynağının yönüne göre çukur yerler tepe, tepeler ise çukur olarak algılanabilir. Bu bağlamda ışık kaynağının yönü yeryüzü parçasının doğru anlaşılması noktasında önemlidir (Bildirici, 2019). Aynı alana ait iki farklı aydınlatma tekniği ile oluşturulmuş gölgeleme Şekil 3.5'te yer almaktadır. Birinci gölgeleme örneğinde ışık kaynağının yönü kuzeybatı ikinci gölgeleme örneğinde ise ışık kaynağının yönü güneydoğudur. Işığın kuzeybatıdan yansıtılması sonucu yapılan arazi tasvirinde tepe olarak gözüken yerler ışığın güneydoğudan yansıtılması durumunda çukur olarak algılanmaktadır. Bu da ışık kaynağının yönünün istenildiği gibi seçilemeyeceğini göstermektedir.

Işık kaynağının eğim açısı topoğrafik yüzeyin net görüntülenebilmesinde önemli bir faktördür. Eğer ışık yeryüzü parçasına tam dik olarak yansıtılırsa topoğrafik yüzey

üzerinde bir parlama meydana gelir ve yeryüzüne ait detayların algılanması zorlaşmaktadır. Işığın eğim açısını fazla artırmak topoğrafik yüzeyde önde yer alan detayların gölgelerinden dolayı arkada yer alan detayların algılanması zorlaşabilmektedir. Işık kaynağının eğim açısını azaltmak ya da artırmak gölgelemeyi etkiyeceği için ideal bir ışık eğim açısı seçilmesi gerekmektedir. Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de ışığın eğim açısı değiştirilerek yapılan gölgelemeler yer almaktadır. Işık kaynağı eğim açısı sırasıyla 0°, 30°, 45°, 60°, 75° ve 90° olarak alınmıştır. Işık kaynağı eğim açısı, 0° alındığında topoğrafik yüzey fazla karanlık olduğu için yer şekillerinin ayırt edilmesi güçleşmiştir. Aynı şekilde ışık kaynağı eğim açısı 90° olarak alındığı zaman topoğrafik yüzey fazla aydınlık olduğu için yer şekillerinin algılanması zorlaşmıştır.

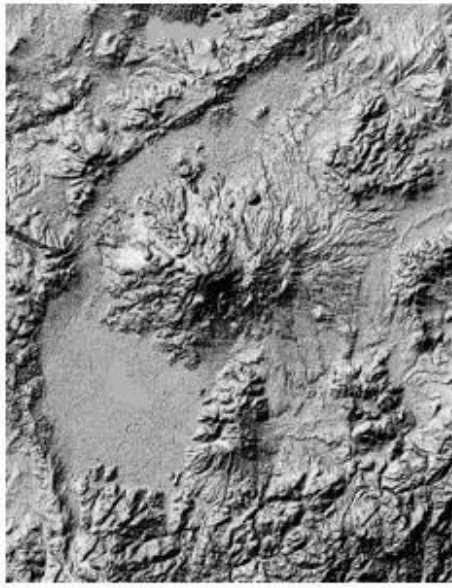


Işık eğimi=0°

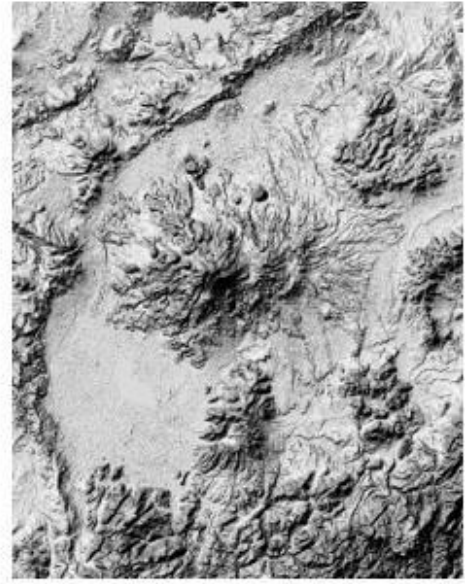


Işık eğimi=30°

Şekil 3.6: QGIS ile ışık kaynağı eğim açısının gölgeleme üzerine etkisi

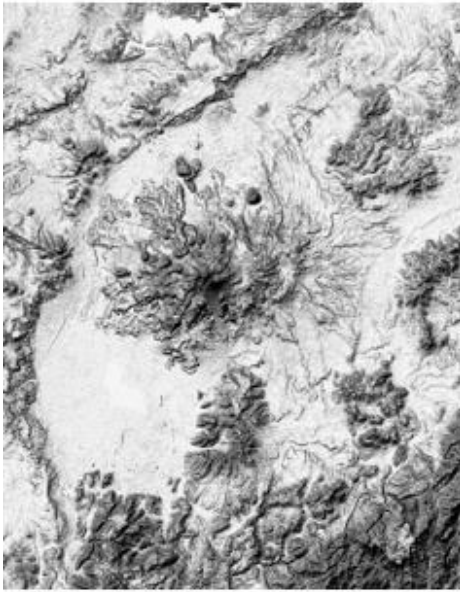


Işık eğimi=45°



Işık eğimi=60°

Şekil 3.7: QGIS ile ışık kaynağı eğim açısının gölgeleme üzerine etkisi



Işık eğimi=75°



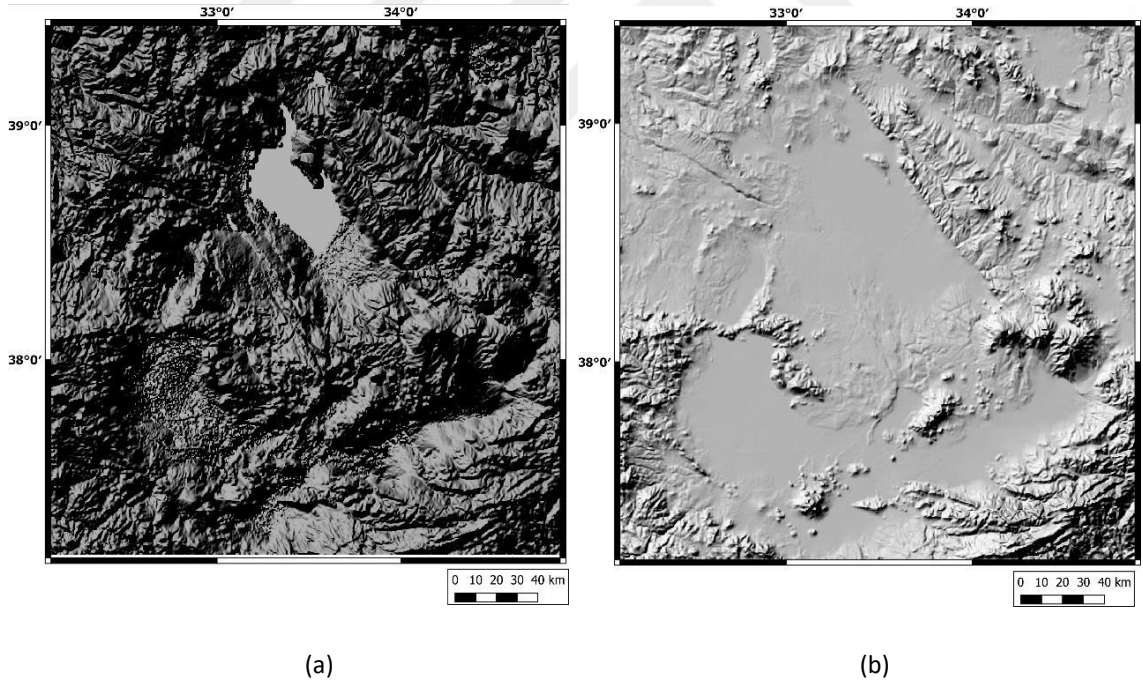
Işık eğimi=90°

Şekil 3.8: QGIS ile ışık kaynağı eğim açısının gölgeleme üzerine etkisi

Gölgeleme yöntemi kullanarak harita yapmak için bir Z-faktörü gerekmektedir. Bu Z-faktörü düşey abartı miktarıdır ve görsel etkiyi artırmak için kullanılır. Düşey abartı miktarı çok fazla artırılırsa görüntü bozulur ve detaylar ayırt edilemez hale gelir. QGIS düşey abartma miktarını Z (yükseklik) birimleri için birimlerin x, y (doğrusal) birimlerle

aynı olduğu durumda, Z dönüştürme faktörünü 1 olarak vermektedir. Bu varsayılan bir değerdir. Eğer kullanılan verilerde yatayda ve düşeydeki koordinat birimleri farklı ise bir dönüşüm katsayısı tanımlamanız gerekir.

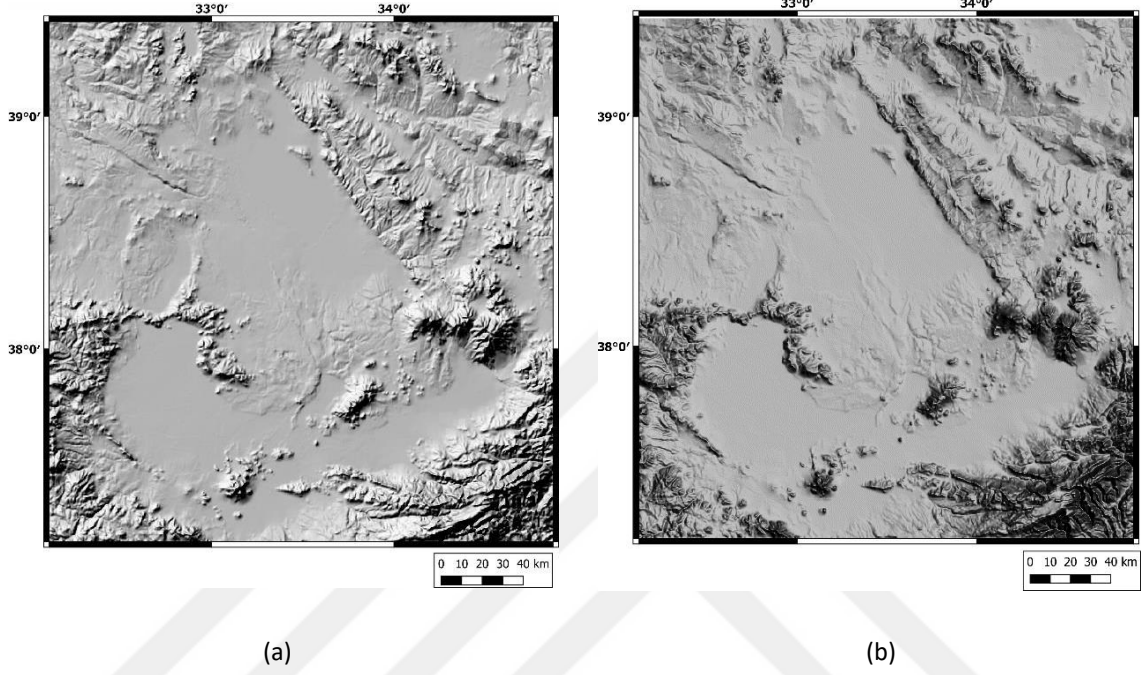
Şekil 3.9’da kullanılan verilerde yatay koordinatlar derece biriminde, düşey koordinatlar ise metre biriminde olduğu için birim uyumsuzluğu ortaya çıkmıştır. Z yükseklik değerlerinin enlem ve boylam ile uyum sağlaması için düşey yöndeki ölçeğin değiştirilmesi gerekmektedir. 1°lik meridyen yayı yaklaşık 111120 metredir. Metrenin dereceye çevrilmesi gerekir dolayısıyla 1 metrelik meridyen yayı 0,0000089° olmaktadır. Bu uyumsuzluğu ortadan kaldırmak için Z-faktörü 0,0000089° olarak alınmıştır. Bu şekilde yükseklik yatay koordinatlar ile aynı birimde yani derece biriminde olmaktadır. Şekil 3.9’da görüldüğü üzere $Z=1$ alındığı zaman topoğrafya bozulmaya uğramıştır. Daha sonra $Z=0,0000089^\circ$ alınarak gölgeleme yapıldığında yeryüzü topografyasının görünümünde bir bozulma meydana gelmediği görülmektedir.



Şekil 3.9: Z değerinin gölgeleme üzerine etkisinin ortaya çıkarılması için (a)’da $Z=1$, (b)’de ise $Z=0,0000089^\circ$ alınarak oluşturulmuş bir örnek

Gölgeleme yöntemi ile harita oluştururken tek bir ışık kaynağı yerine çoklu ışık kaynağı kullanılarak gölgelemeyi etkileyebilmek mümkündür. Şekil 3.10 (a)’da yer alan görüntü arazinin tek bir açıdan (315°) aydınlatılması ile oluşturulmuş gölgelemedir, (b)’de yer

alan görüntü ise yeryüzü parçasının dört farklı ışık kaynağı (225°, 270°, 315°, 360°) kullanılarak aydınlatılması ile oluşturulmuş gölgelemedir. Görüldüğü üzere yeryüzü parçasının çok yönlü aydınlatma ile gölge kısımların azaldığı ve arazinin karakteristik özelliğinin ön plana çıktığı gözlenmektedir.



Şekil 3.10: QGIS ile tek yönlü aydınlatma ve çok yönlü aydınlatma faktörlerinin karşılaştırılmasına dair bir örnek, (a) tek yönlü aydınlatma ve (b) çok yönlü aydınlatma

3.3. Çukur Doldurma Algoritmaları

SYM'deki yüzey çöküntülerini yani çukurları belirlemek ve doldurmak amacıyla kullanıma sunulan birden fazla çukur doldurma yer almaktadır. Bunlar SAGA, GRASS ve GDAL çukur doldurma algoritmalarıdır. SAGA çukur doldurma algoritmaları Fill Sinks, Wang ve Liu tarafından geliştirilen Fill Sinks (wang&liu)'dur. Bir diğer SAGA algoritma ise yine Wang ve Liu'nun geliştirmiş olduğu Fill Sinks xxl algoritmasıdır. Fill Sinks ve Fill Sinks (wang&liu) çukur doldurmanın yanı sıra akış yönü ve su havzası belirleme işlemlerini de gerçekleştirebilmektedir. Algoritma hidrolojik analiz ve modelleme için kullanılmaktadır. Fill Sinks xxl ise sadece çukur doldurma işlemlerini gerçekleştirebilmektedir (Wang ve Liu, 2006). Başka bir çukur doldurma yöntemi ise GRASS çukur doldurma algoritmasıdır. GRASS r.fill.dir modülü yalnızca çukurlukları

doldurmak için değil, aynı zamanda arazinin doğasına ve kullanılan SYM'ye bağlı olarak su kütlelerini ya da potansiyel su kütlelerini tespit etmek için de kullanılabilmektedir (URL-1).

3.4. Sayısal Yükseklik Modeli ve Hata Kaynakları

SYM, doğrudan arazide ölçülmüş noktalardan faydalanarak türetilen noktalardır. Çoğunlukla grid yapıdadır. Enterpolasyon veya yüzey geçirme metotları ile tanımlanan yüzeydir (Bildirici, 2019). SYM topoğrafik yüzeyde yer alan tüm nesnelere ait konum ve koordinat bilgilerini içermektedir. Yeryüzünün modellenmesinde kullanılan modelleme yöntemleri TIN dediğimiz üçgen model ve grid modeldir. Sayısal ortamda noktalar vektör yapıda ise SYM grid model olarak SAM ise üçgen model olarak tanımlanmaktadır. Eğer raster yapıdaki piksellere yükseklik değeri atanırsa grid model elde edilebilir (Bildirici, 2019). Bu durumda raster veriler SYM olarak isimlendirilir.

SYM'de 3 farklı hata görülebilmektedir. Bunlar kaba hatalar, sistematik hatalar ve rastgele hatalar şeklindedir. Kaba hatalar dikkat eksikliği gibi nedenlerden ötürü ortaya çıkmaktadır ve beklenen hata miktarının çok üstünde bir değer olmaktadır. Mutlaka ölçü kümesinden çıkarılması gerekmektedir. Ölçü kümesinden çıkarılmasında istatistiksel testler kullanılmaktadır. Sistematik hatalar ölçüm işleminde kullanılan donanım ve teknik eksiklikten dolayı meydana gelen hatalardır. Bunlar; düşey yükseklik kayıklıkları, ağaçlara, binalara ve gölgelere bağlı arazi yüzeyinin yanlış yorumlanması, hayali kayalıklar, zirveler ve hendekler şeklinde olabilmektedir. Başka bir ölçme donanımı ve tekniği kullanılarak hata kestirilebilmektedir. Rastgele hatalar ise sebebi bilinmeyen hatalardır. Bir başka ifade ile ölçme donanım ve tekniğinin ve de insan duyularının yetersiz kaldığı durumlarda ortaya çıkan hatalardır. Bu hatalar modellenememektedir ve büyüklükleri önceden kestirilememektedir. Yapılan ölçü sayısının çok olması durumunda hata dağılımı elde edilebilmektedir. Bu hataların büyüklüğü azaltılabilmektedir fakat tamamen ortadan kaldırılamamaktadır (Abbak, 2019).

3.5. Sayısal Yükseklik Modeli Veri Kaynakları

SYM verileri yersel ölçümler, fotogrametrik ölçümler, uzaktan algılama uygulamaları ya da mevcut haritaların sayısallaştırılması ile elde edilir. Şu an orta ve küçük ölçekli harita çalışmalarında kullanılması için hazır SYM verileri mevcuttur. Bu veriler arasında SRTM, ASTER, ALOS vb. yer almaktadır.

SRTM, NASA tarafından gerçekleştirilen Mekik Radar Tarama Görevi'dir. Bu görev ile yeryüzünde $\pm 60^\circ$ enlemleri arasında yer alan kara parçalarının taranması ile 1" ve 3" grid aralığında farklı çözünürlüklere sahip veriler elde edilmiştir. SRTM'nin 1 saniyelik verileri yaklaşık 25 mb, 3 saniyelik verileri ise yaklaşık 3 mb'dır. Daha küçük ölçekteki çalışmalar için ise 30 saniyelik veriler de bulunmaktadır. Veri toplama yönteminden dolayı boşluklar oluşmaktadır. Oluşan bu boşluklar "void data" olarak adlandırılmaktadır ve yükseklik belirlenemediği için bu noktalar -32768 tam sayısı ile ifade edilmektedir. SRTM verilerinin yatay datumu WGS84, düşey datumu ise EGM96'dır (Bildirici ve Abbak, 2019; USGS, 2021).

SRTM'den daha kapsamlı bir çalışma olan ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), Japonya ve NASA işbirliği neticesinde gerçekleştirilen bir projedir. ASTER, $\pm 83^\circ$ enlemleri arasında yer alan kara parçalarını kapsar. ASTER, görülebilir, termal ve kızıl ötesi dalga boylarında 14 bantta yüksek çözünürlüklü mekansal veri toplamaktadır. Stereo görüntüleme ile SYM elde edilir. Bundan dolayı bulutlu alanlarda veri kaybı ortaya çıkmaktadır. Bu problemin aşımı için 2 farklı versiyon bulunmaktadır. Birinci versiyonda bulutlu alanlardan dolayı veride ortaya çıkan -9999 ile ifade edilmektedir. İkinci versiyonda ise farklı veri kaynakları kullanılarak eksik yükseklikler tamamlanarak boşluksuz bir veri elde edilmektedir. ASTER, 1" çözünürlüklü veri sunmaktadır. ASTER verilerinin yatay datumu WGS84, düşey datumu ise EGM96'dır (Bildirici ve Abbak, 2019).

HGM tarafından SRTM ve ASTER ile benzer özelliklere sahip yerel SYM verileri oluşturulmuştur. Bu veriler 1:25 000 ölçekli haritaların eş yükseklik eğrilerinin otomatik sayısallaştırılması ile elde edilmiştir. Dolayısı ile düşey datumu bu harita takımı ile aynıdır. Bu veriler 1 saniye çözünürlüklü verilerdir ve $1^\circ \times 1^\circ$ dosyalar halinde

sunulmaktadır. SRTM ve ASTER verilerinden farkı ise düşey datumlarının yerel olmasıdır (Bildirici ve Abbak, 2019).

ALOS'da bulunan bir optik sensör olan Stereo Haritalama için Panchromatic Uzaktan Algılama Enstrümanı (PRISM) tarafından yaklaşık 30 metre yatay çözünürlüğe sahip küresel bir dijital yüzey modelidir (ALOS, 2021).



4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Topografyayı temsil eden SYM hidrolojik analizlerin temel girdisini oluşturmaktadır. SYM üretimi sırasında çeşitli nedenlerle hatalı alanlar (yüksekliği olmayan ya da hatalı olan noktalar nedeniyle oluşan, doğada olmayan çukurluklar) oluşmaktadır. Bu tür alanlar suyun toplandığı ve hareket edemediği alanlar olup hidrografik analizlerde olumsuz sonuçlara yol açmaktadır. Bundan dolayı bozuk alanların temizlenmesi ve hidrolojik analizler için uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde anlamlı bir akarsu ağı oluşturulamayıp, havzalar tanımlanamamaktadır ve hatalı sonuçlar elde edilmektedir.

Bu çalışmada çukur doldurma algoritmaları birbirleri ile karşılaştırılmış ve SYM’de yol açtıkları değişimler incelenmiştir. Daha sonra yapılan iyileştirmenin gölgeleme yöntemi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada 1” çözünürlüklü SRTM ve ASTER global sayısal yükseklik verilerinden yararlanılmıştır. Engebeli bölgelerden seçilen verilerin güney batı coğrafi koordinatları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bu bölgeler SYM hücreleri (paftaları) olup coğrafi olarak boyutları 1°x1°’dir. Burada detayları verilen veri dosyaları Earth Explorer’dan (URL-2) ve Earth Data’dan (URL-3) indirilmiştir.

Verilerin koordinat sistemi (SRTM ve ASTER) WGS84 elipsoidinde enlem boylam, EGM96 jeoidinde metre biriminde yüksekliktir. Söz konusu yatay koordinat sistemi (enlem boylam) yazılımlarda EPSG 4326 olarak kodlanmıştır. EPSG 4326, dünyanın elipsoidal modeline dayalı bir enlem ve boylam koordinat sistemidir. Yatay koordinatların derece, düşey koordinatın metre olması hem çukur doldurma uygulamaları hem de gölgeleme uygulamaları açısından uygun değildir. Uygun olmayan sonuçlara ya da program hatalarına yol açar. Bu nedenle veriler UTM koordinat sistemine dönüştürülmüştür.

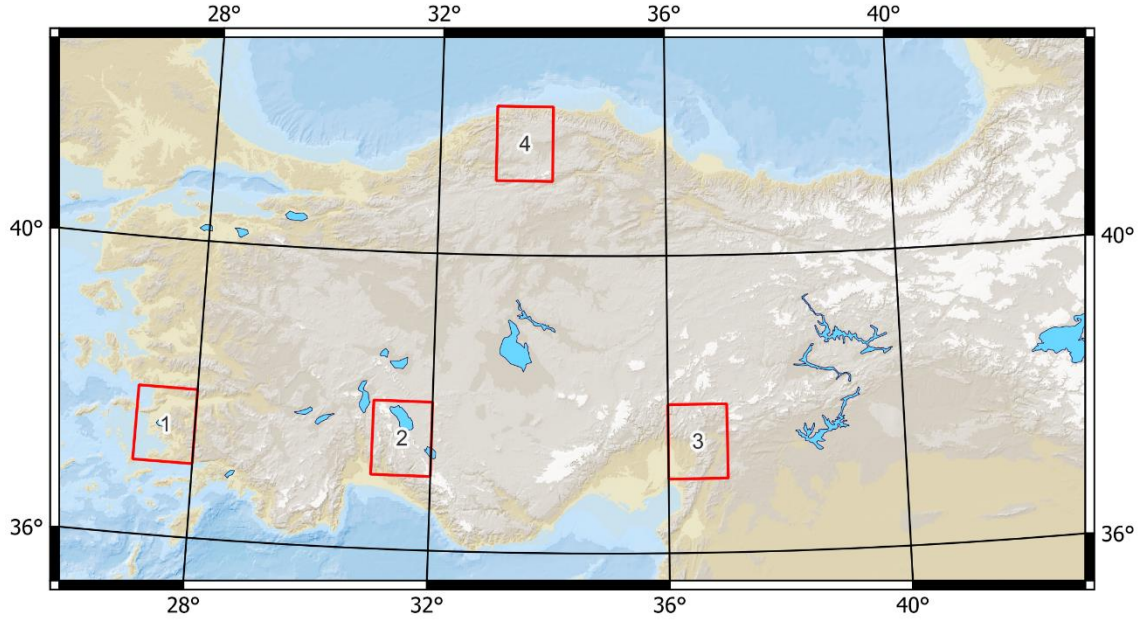
Tez önerisinde QGIS ortamında çalışma için 5 farklı çukur doldurma algoritması kullanılacağı belirtilmişti. Fakat bu algoritmalarından GDAL ve SAGA eklentisi olan Fill Sinks yöntemleri bu çalışma kapsamında kullanılamamıştır. Bu yüzden çalışmada kullanılacak yöntem sayısı 3 olarak belirlenmiştir. SAGA eklentisi olan Fill Sinks (wang&liu), Fill Sinks xtl ve GRASS eklentisi olan r.fill.dir çukur doldurma algoritmaları ile çukur doldurma uygulamaları yapılmıştır. İşlenmiş veriler ile orijinal

veriler arasındaki farklar raster hesaplama aracı ile belirlenmiştir. Farklar belirlenirken işlenmiş verilerden orijinal veriler çıkartılmıştır. Raster hesaplama aracıyla elde edilen fark haritaları oluşturulmuştur. Fark haritası, farkların nerelerde az ve nerelerde daha fazla olduğunu göstermektedir. Beyaz ile gösterilen alanlar farkın sıfır olduğu yerleri ifade etmektedir. Kırmızının tonları ise fark artışı ile doğru orantılı olacak şekilde koyulaşmaktadır.

Farklar istatistiksel olarak analiz edilerek, farkların yoğunlaştığı bölgeler görsel olarak incelenmiştir. Bu görsel inceleme sırasında gölgeleme yöntemi uygulanarak yapılan çukur doldurma işleminin görsel bir etkisi olup olmadığı belirlenmiştir. Analizlerde farka ait en büyük değer, ortalama değer ve standart sapmalar gösterilmiştir. Bu iş akışı seçilen 4 bölgede ($1^{\circ} \times 1^{\circ}$ boyutlu sayısal yükseklik veri hücreleri/paftaları) bir kez SRTM, bir kez de ASTER verileri ile yapılmıştır. Bölgelere ait koordinat bilgileri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Ayrıca Şekil 4.1’de bölgelerin harita üzerindeki yerleri gösterilmektedir. Toplam 8 bölgede/dosyada 3 farklı çukur doldurma algoritması uygulanmıştır (Çizelge 4.2). Elde edilen sonuçlara göre gölgelendirme öncesi çukur doldurma işleminin gerekli olup olmadığı, gerekli ise hangi koşullarda hangi algoritmaların iyi olduğu gibi konularda öneriler geliştirilip, yöntemin uygulayıcılarının kullanımına sunulmuştur.

Çizelge 4.1: Çalışma bölgeleri ($1^{\circ} \times 1^{\circ}$ boyutlu) güney batı koordinatları

Bölge No	Enlem ($^{\circ}$)	Boylam ($^{\circ}$)
1	37	28
2	37	31
3	37	36
4	41	33



Şekil 4.1: Seçilen bölgelerin harita üzerinde gösterimi

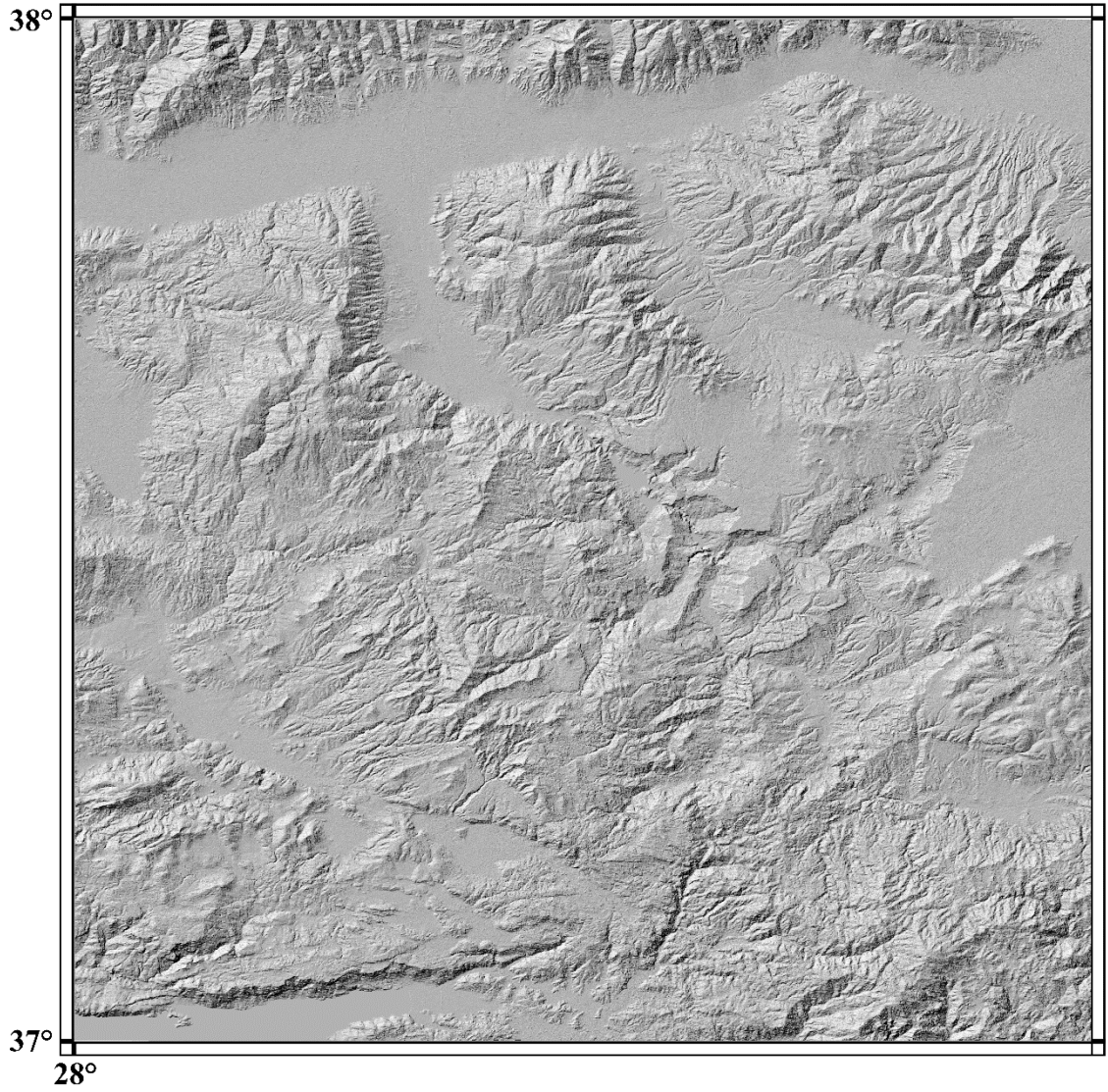
Çizelge 4.2: Uygulamaların bölge numarası, veri kaynağı ve kullanılan çukur doldurma yöntemleri

BÖLGE NO	VERİ KAYNAĞI	UYGULAMA NO	ÇUKUR DOLDURMA YÖNTEMİ
1	ASTER	1	Fill Sinks (wang&liu)
		2	Fill Sinks xxl
		3	r.fill.dir
1	SRTM	4	Fill Sinks (wang&liu)
		5	Fill Sinks xxl
		6	r.fill.dir
2	ASTER	7	Fill Sinks (wang&liu)
		8	Fill Sinks xxl
		9	r.fill.dir
2	SRTM	10	Fill Sinks (wang&liu)
		11	Fill Sinks xxl
		12	r.fill.dir
3	ASTER	13	Fill Sinks (wang&liu)
		14	Fill Sinks xxl
		15	r.fill.dir
3	SRTM	16	Fill Sinks (wang&liu)
		17	Fill Sinks xxl
		18	r.fill.dir
4	ASTER	19	Fill Sinks (wang&liu)
		20	Fill Sinks xxl
4	SRTM	21	Fill Sinks (wang&liu)
		22	Fill Sinks xxl
		23	r.fill.dir

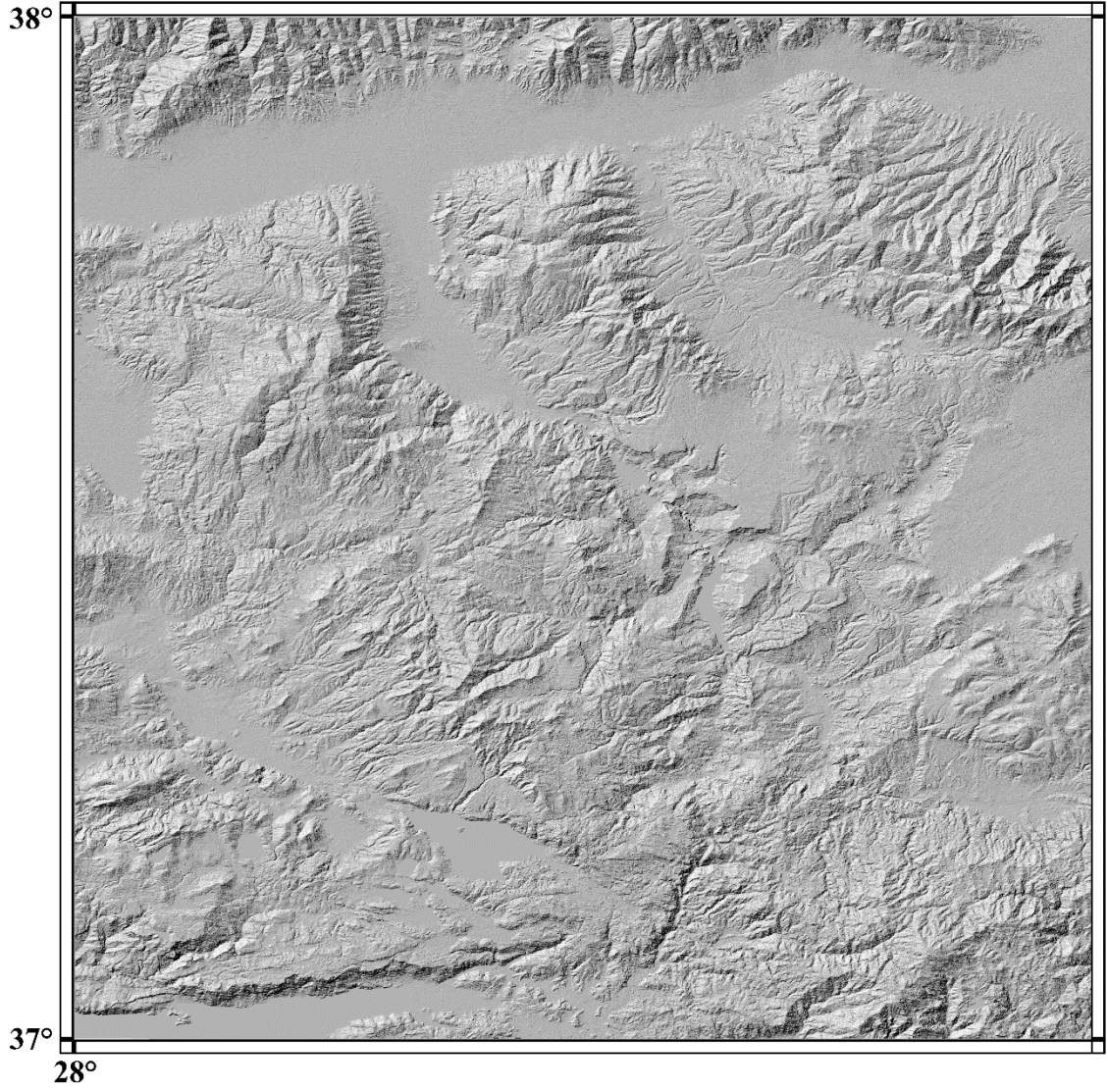
4.1. Bölge 1 (ASTER)

Bölge 1 için ASTER verisi kullanılarak Fiil Sinks (wang&liu), Fill Sinks xxl ve r.fill.dir algoritmaları ile çukur doldurma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra hem işlenmiş veriye hem de orijinal veriye gölgeleme işlemi uygulanarak incelemeler yapılmıştır.

4.1.1. Uygulama 1

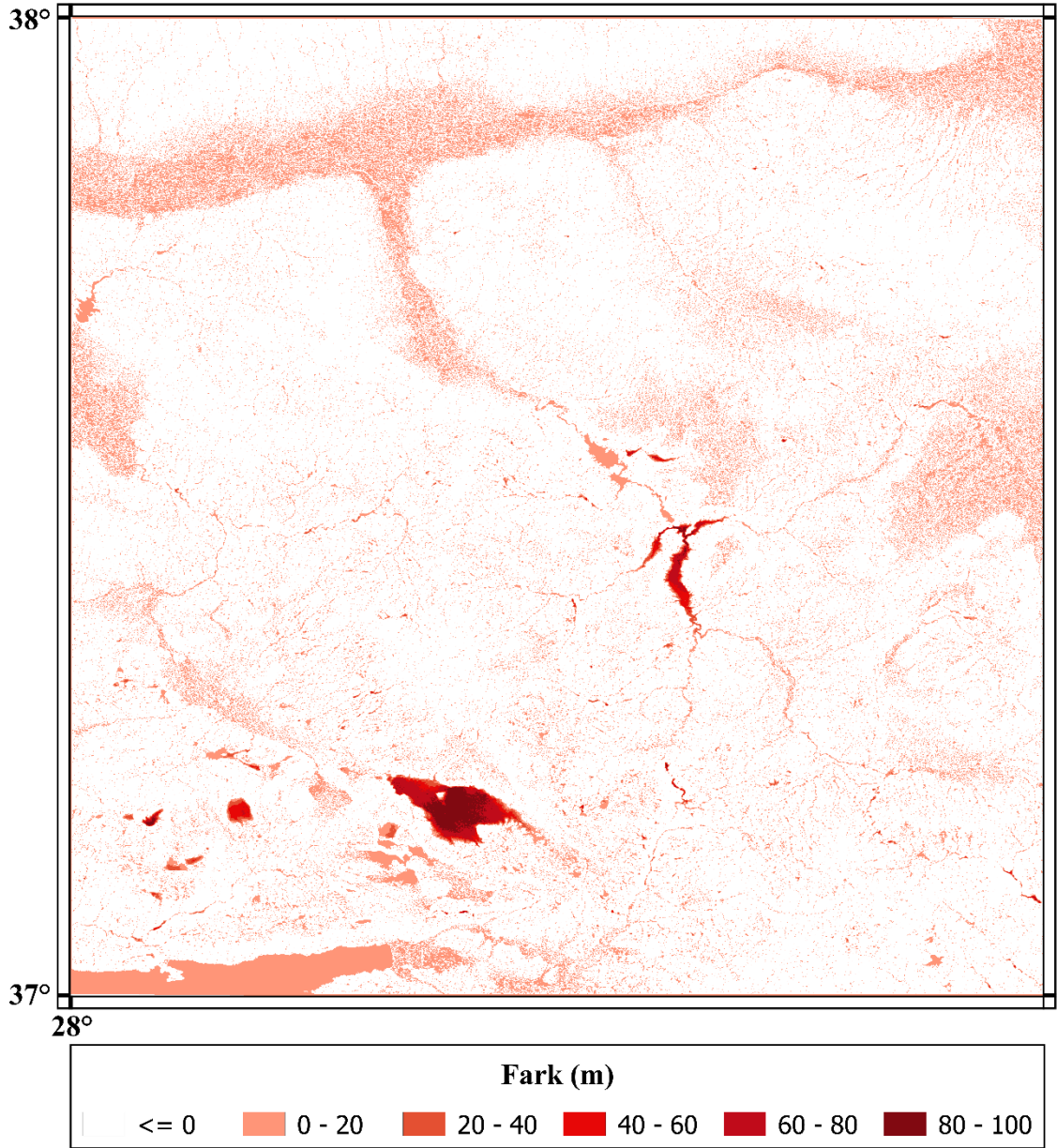


Şekil 4.2: Veriye sadece gölgelendirme yönteminin uygulanmış olan hali



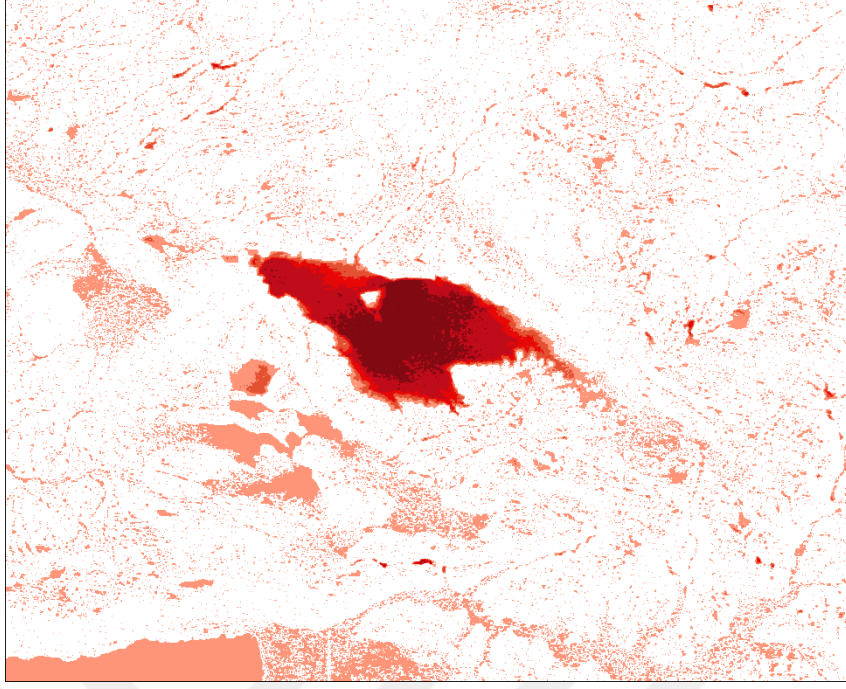
Şekil 4.3: Veriye çukur doldurma daha sonra ise gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

Şekil 4.3'te Fill Sinks (wang&liu) algoritması kullanılarak SYM' deki çukurluklar doldurulmuş ve gölgeleme yöntemi uygulanmıştır.

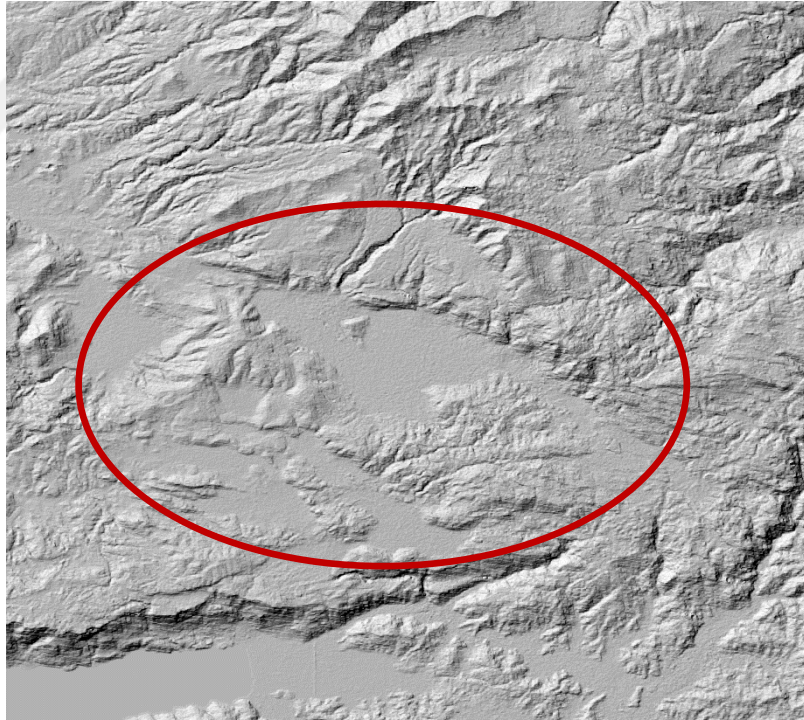


Şekil 4.4: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

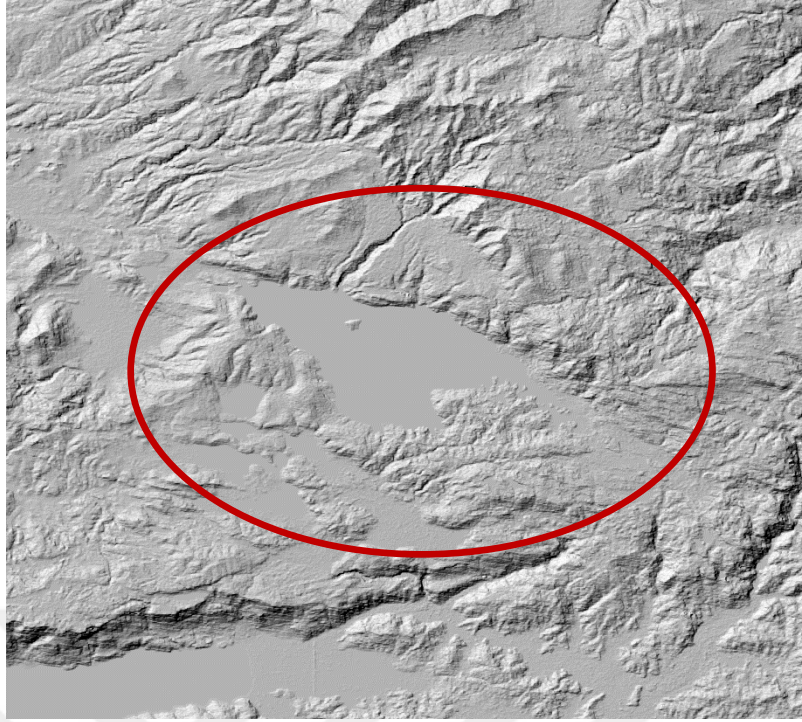
Şekil 4.4' te SYM'deki çukurlukların doldurulmasından kaynaklanan farklar elde edilmiş ve bir fark haritası oluşturulmuştur.



Şekil 4.5: Şekil 4.3'te farkların çok olduğu bölgelerden bir kesit

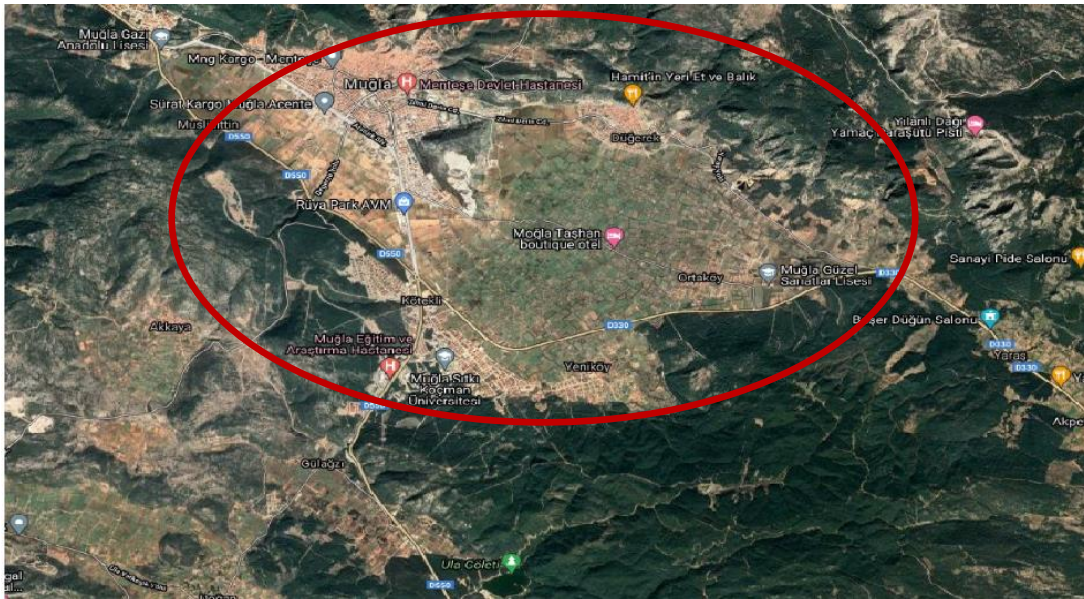


Şekil 4.6: Verinin çukur doldurma yöntemi uygulanmadan önceki halinden bir kesit



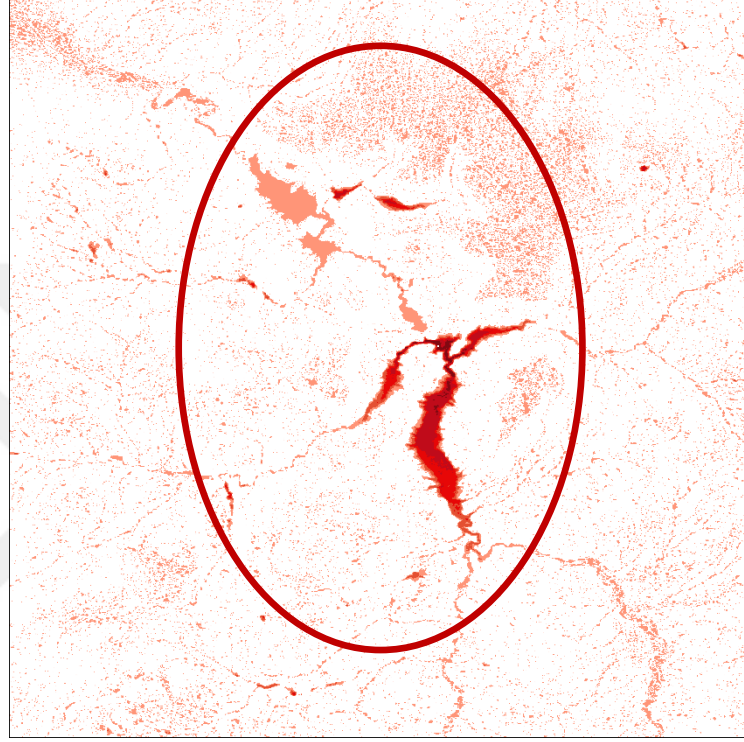
Şekil 4.7: Veride çukur doldurma yöntemi uygulandıktan sonra değişim olan yerlerden bir kısmı

Şekil 4.6'daki veriye çukur doldurma yöntemi uygulandıktan sonra Şekil 4.7'deki görüntü elde edilmektedir. İki görüntü kıyaslandığı zaman kırmızı çember ile gösterilen alanda belirgin değişimler olduğu görülmektedir.

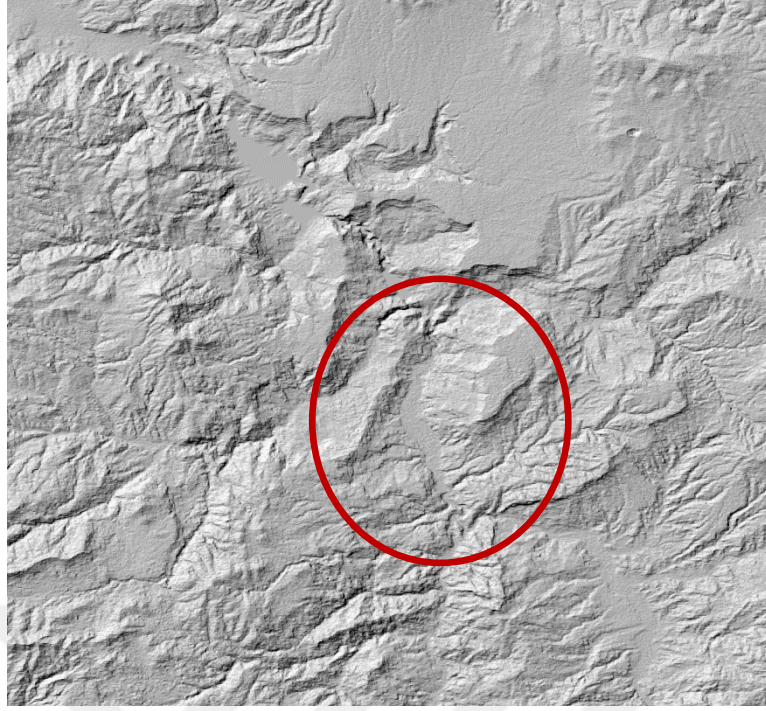


Şekil 4.8: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan

Şekil 4.8’de farkın denk geldiği alanın bir yerleşim alanı olduğu görülmektedir. Yerleşim alanlarında bulunan bina vb. yapılardan dolayı elde edilen SYM tam anlamıyla gerçek yeryüzü topoğrafyasını yansıtmayabilir. Bu yüzden SYM hatalarının giderilmesi için çukur doldurma yönteminin uygulanması böyle bir alan üzerinde yapılacak olan gölgeleme yöntemini olumlu yönde etkileyebilir.



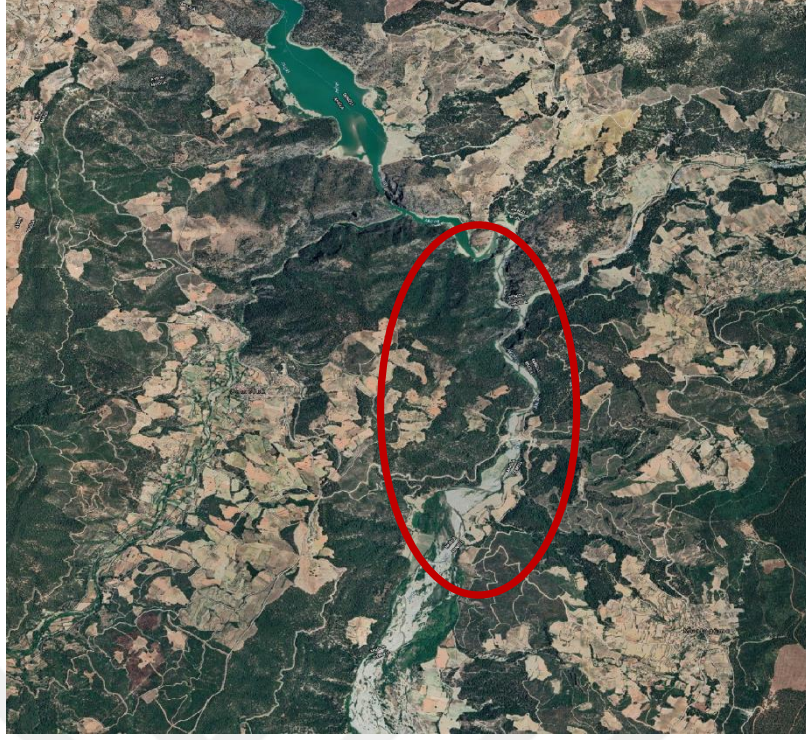
Şekil 4.9: Şekil 4.3’te farkların çok olduğu bölgelerden alınan bir başka kesit



Şekil 4.10: Verinin çukur doldurma yöntemi uygulanmadan önceki halinden bir kesit

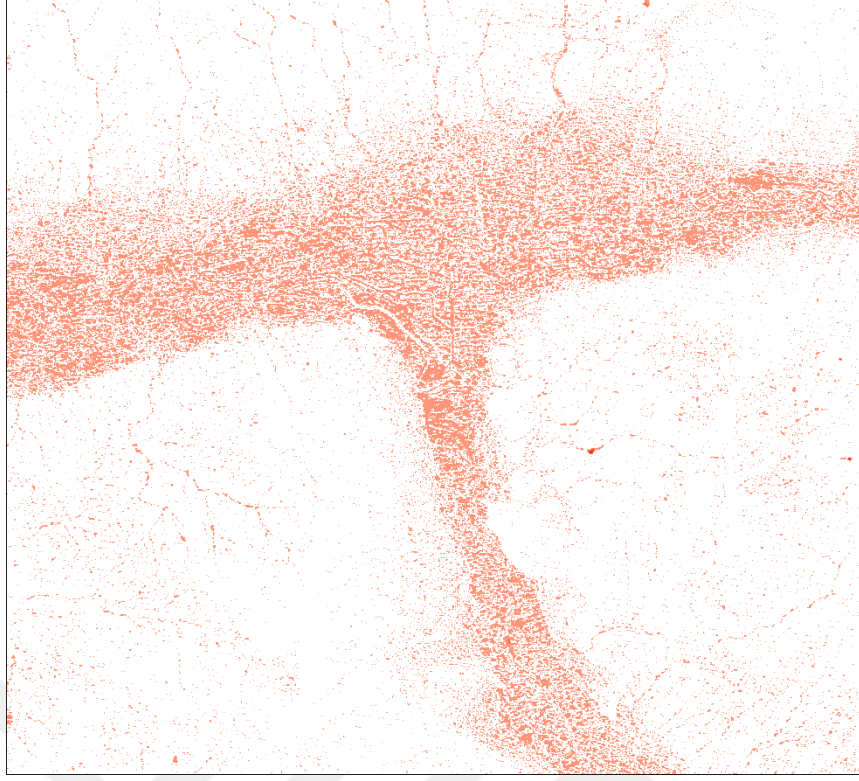


Şekil 4.11: Veride çukur doldurma yöntemi uygulandıktan sonra değişim olan yerlerden bir kısmı

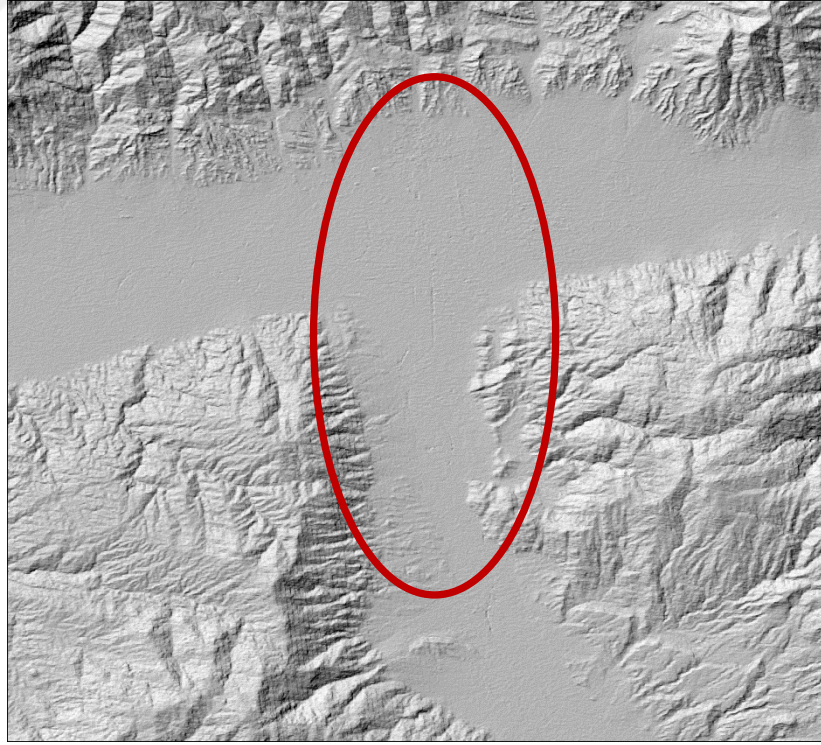


Şekil 4.12: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan

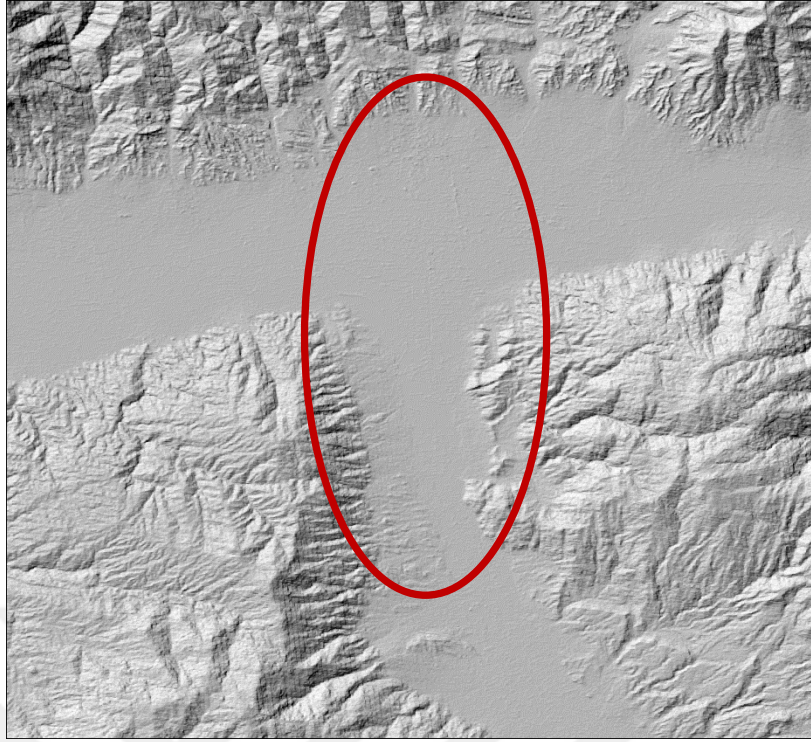
Şekil 4.12’de farkları içeren alanda bir su hattı (çay, dere vb.) olduğu görülmektedir. Çukur doldurma yöntemi uyguladığımız zaman Şekil 4.11’den de anlaşılabileceği üzere bu alanın düzleştirilmiş olduğu görülmektedir. Ayrıca yapılan düzleştirmenin bazı topoğrafik detayları yok ettiği görülmektedir. SYM’de yer alan tüm çöküntüler hata değildir. Bazı yerler Şekil 4.12’ de olduğu gibi sulak alanlar içerebilir ve çukur doldurma işleminin kullanımı sulak alanların kaybı gibi istenmeyen sonuçlara yol açabilir. Bu yüzden çukur doldurma yönteminin uygulanması böyle bir alan üzerinde çalışılacak olan gölgeleme yöntemini olumsuz yönde etkilemektedir.



Şekil 4.13: Şekil 4.3'te farkların daha az olduğu bölgelerden alınan bir başka kesit



Şekil 4.14: Verinin çukur doldurma yöntemi uygulanmadan önceki halinden bir kesit



Şekil 4.15: Veride çukur doldurma yöntemi uygulandıktan sonra değişim olan yerlerden bir kısmı

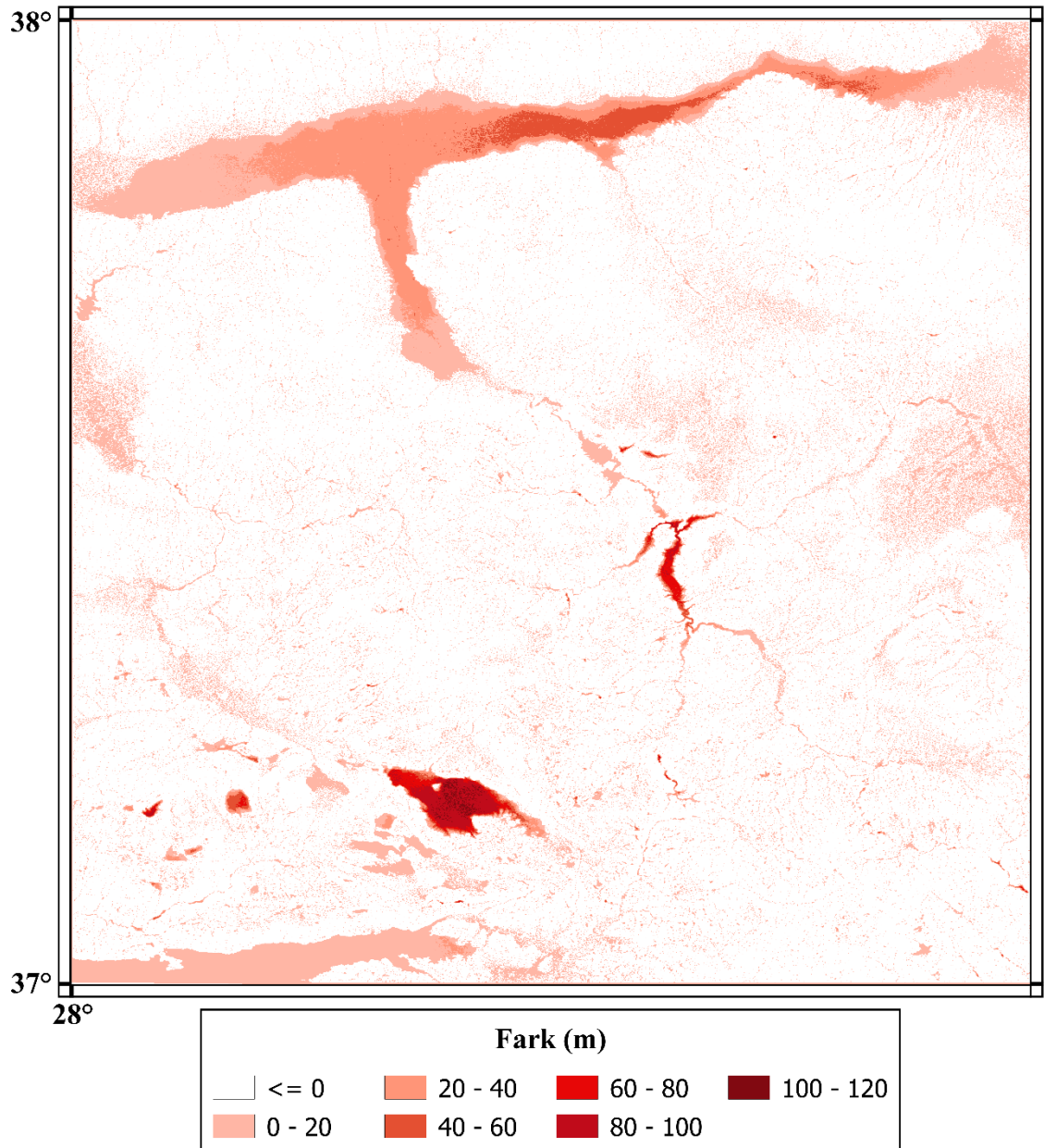
Şekil 4.14 ve Şekil 4.15 karşılaştırıldığında çok ani ve net değişimler olmamasına rağmen ufak çaplı değişimler gözlemlemek mümkündür. Bu değişimlerin SYM toplanırken ortaya çıkan hatalardan kaynaklandığı düşünülebilir. Farkların olduğu alanların anlaşılabilmesi için çok dikkatli inceleme yapılması gerekebilir.



Şekil 4.16: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan

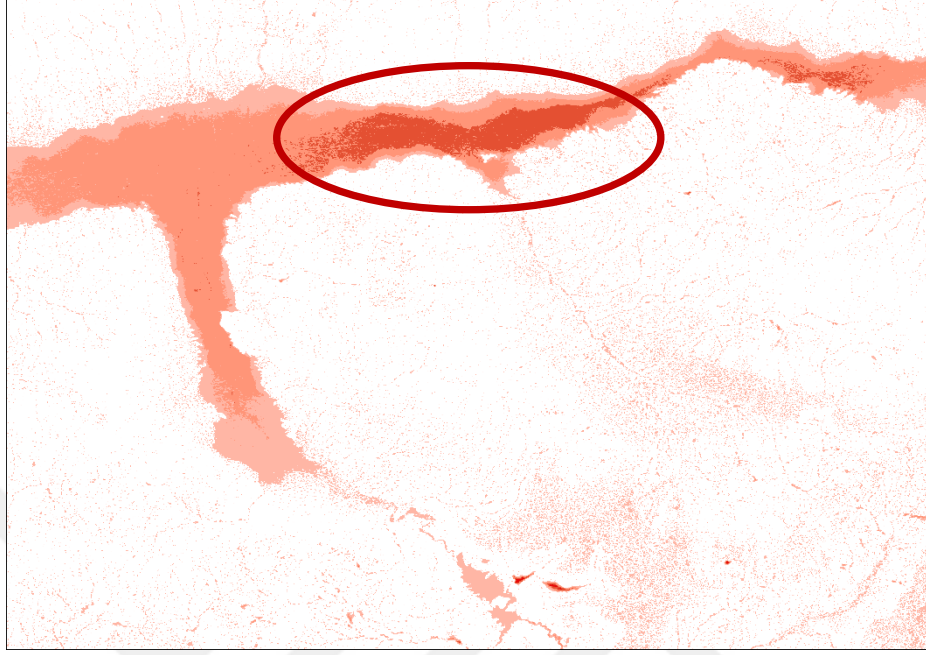
Şekil 4.16’da bu yerin yapılaşma içeren ve tarıma açılmış bir alan olduğu görülmektedir. Tarımsal faaliyetlerin olduğu alanlar nispeten düzlüktür. Dolayısıyla Şekil 4.13’te yer alan farkların SYM elde edilirken ortaya çıkan hatalardan olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle çukur doldurma yönteminin uygulanması böyle bir alan üzerinde çalışılacak olan gölgeleme yöntemini olumlu yönde etkilemektedir.

4.1.2. Uygulama 2



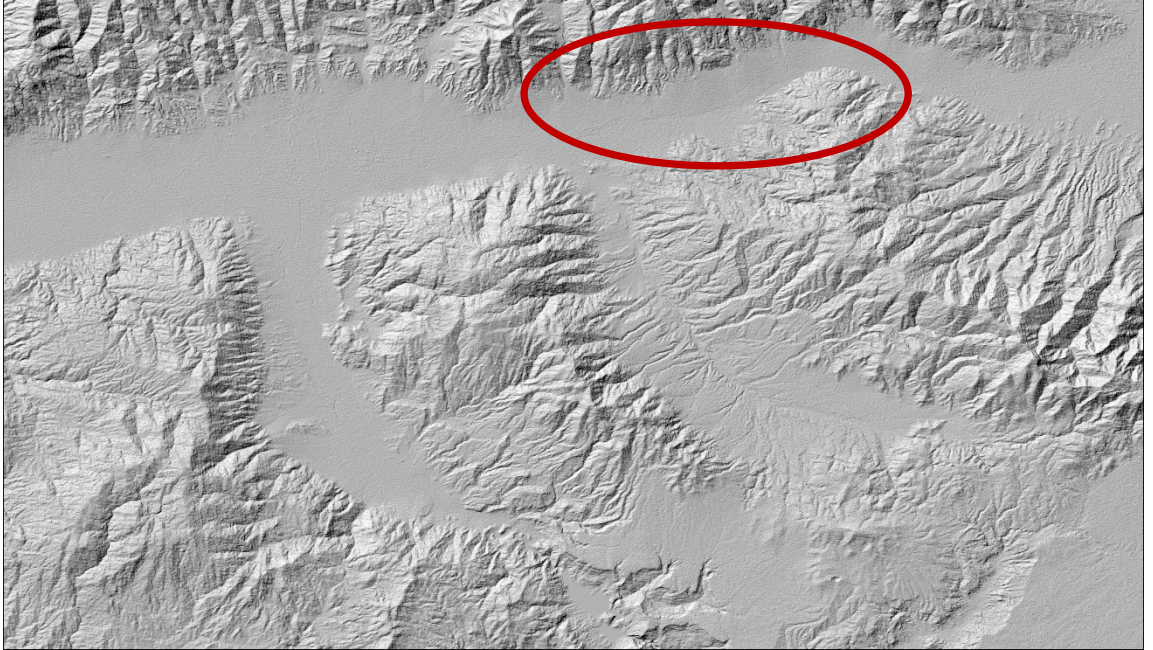
Şekil 4.17: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

Fill sinks xxl kullanılarak elde edilen işlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark Şekil 4.17’de gösterilmiştir.

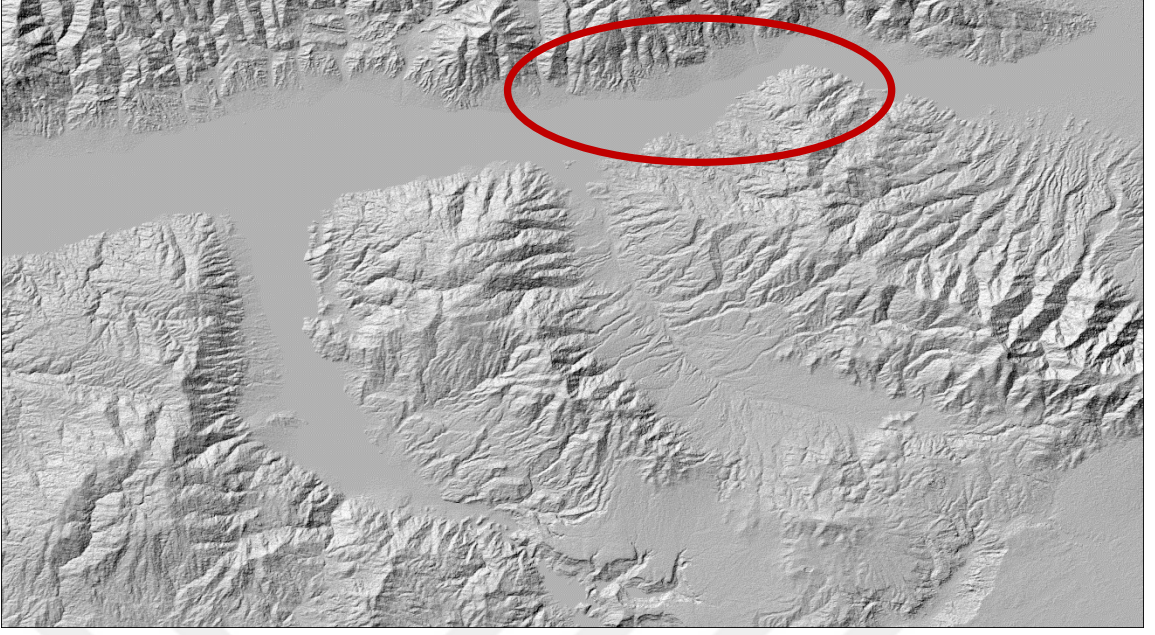


Şekil 4.18: Şekil 4.17’de farkların belirgin olduğu bölgelerden alınan bir kesit

Fill Sinks xxl ile elde edilen Şekil 4.17 ile Fill Sinks (wang&liu) ile elde edilen Şekil 4.4 karşılaştırıldığı zaman diğer alanlara oranla Şekil 4.18’deki kısımda daha net bir değişim gözlenebilmektedir.



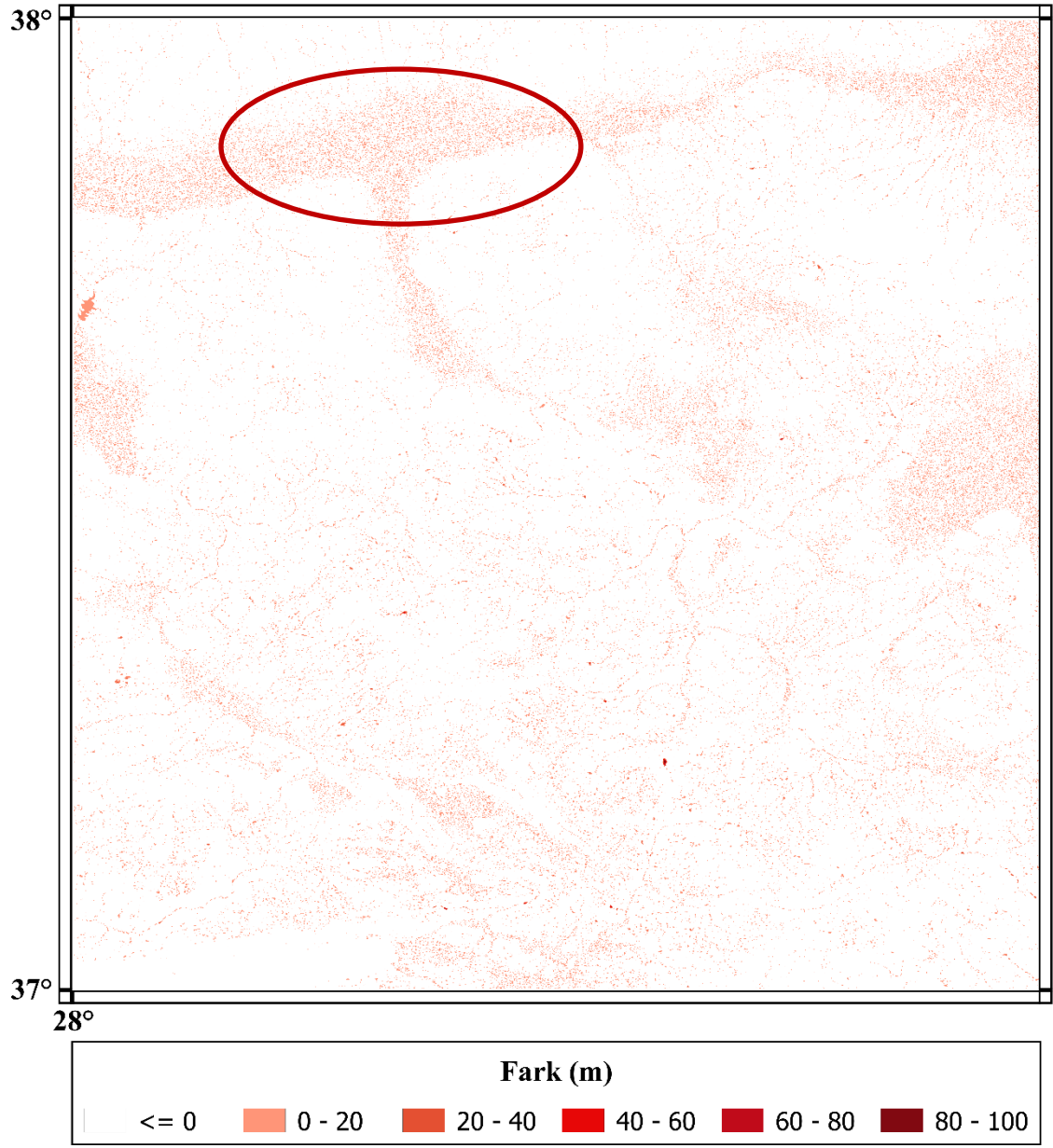
Şekil 4.19: Verinin çukur doldurma yöntemi uygulanmadan önceki halinden bir kesit



Şekil 4.20: Veride çukur doldurma yöntemi uygulandıktan sonra değişim olan yerlerden bir kısmı

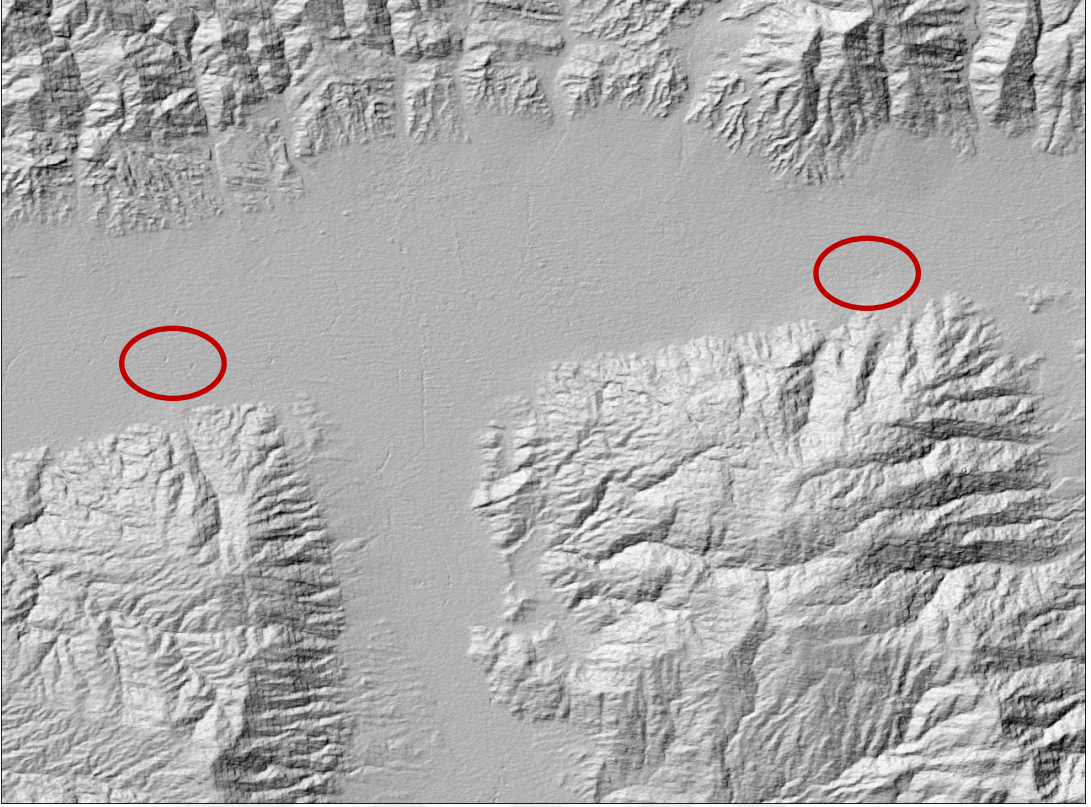
Google uydu haritasından bakıldığı zaman bu alanın tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu içerisinden Büyük Menderes nehrinin geçtiği bir ova olduğu görülmektedir. Çukur doldurma yöntemi uyguladığımız zaman Şekil 4.20’den de anlaşılabileceği üzere bu alanın düzleştirilmiş olduğu ve detayları yok ettiği görülmektedir. Bundan dolayı çukur doldurma yönteminin uygulanması bu tarz bir alan üzerinde çalışılacak olan gölgeleme yöntemini olumsuz yönde etkileyebilir.

4.1.3. Uygulama 3

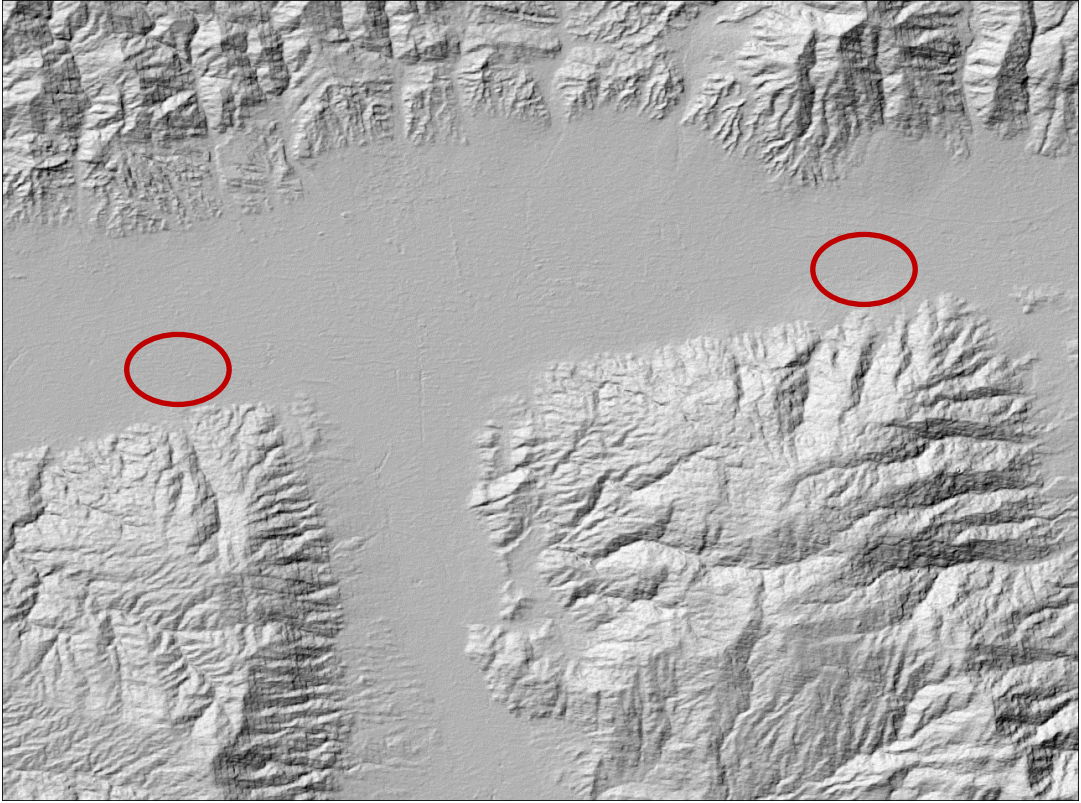


Şekil 4.20: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

Şekil 4.21’de r.fill.dir algoritması kullanılarak elde edilen işlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark gösterilmektedir.



Şekil 1.22: Verinin çukur doldurma yöntemi uygulanmadan önceki halinden bir kesit



Şekil 4.23: Veride çukur doldurma yöntemi uygulandıktan sonra değişim olan yerlerden bir kısmı

Bu yöntemin gölgelemeye olan etkisine bakıldığında Şekil 4.22 ve Şekil 4.23'ün çok dikkatli analiz edilmesi gerekmektedir. Kırmızı daire içinde ufakta olsa değişimler olduğu gözlenmektedir. Bunlar SYM elde edilirken ortaya çıkan rastgele hatalardan kaynaklanabilir. Bu yüzden bu alanda r.fill.dir kullanılarak çukur doldurma işlemi gerçekleştirilebilir fakat bunun gölgelemeye olan etkisinin gözlemlenebilmesi için değişim olan yerlerin çok dikkatli incelenmesi gerekmektedir.

GRASS kullanılarak çukur doldurma işlemi gerçekleştirdiğimiz zaman Şekil 4.21'den anlaşılacağı üzere çok küçük değişimler olduğu gözlenmektedir. Diğer iki yöntem ile kıyaslandığı zaman SYM üzerinde çok fazla değişiklik yapmamıştır. Bu bölgede uygulanan 3 yönteme ait istatistiksel analiz Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3: Bölge 1 (ASTER) verisi kullanılarak elde edilen farklara ait istatistiksel değerler

UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Uygulama 1	102,15	0,62	5,54
Uygulama 2	108,54	2,02	8,54
Uygulama 3	102,0	0,09	0,80

Çizelge 4.3 incelendiği zaman elde edilen farklar arasında en küçük değer üç yöntemde de aynı olduğu (yani 0,0 m olduğu) en büyük değer ise farklı olduğu gözlemlenmiştir. Buna göre en büyük değerler sırasıyla Fill Sinks xxl için 108,54 m, Fill Sinks (wang&liu) için 102,15 m ve GRASS için 102,0 metredir. Yani çukur doldurma yöntemi uygularken ortaya çıkan en yüksek farkın Fill Sinks xxl ve en düşük farkın r.fill.dir ile ortaya çıktığı görülmektedir.

Ortalama değerlerinin ve standart sapmalarının da farklı olması gölgeleme yöntemine olan etkilerinin de farklı olmasına neden olmaktadır. Örneğin r.fill.dir ile çukur doldurma işlemi yapıldığı zaman elde edilen farkların standart sapması 0,80 m ve ortalama değeri 0,09 m şeklindedir. Aynı şekilde Fill Sinks xxl ile çukur doldurma işlemi yapıldığı zaman elde edilen farkların standart sapması 8,54 m ve ortalama değeri 2,02 m şeklindedir. Bu iki yöntem kıyaslandığında standart sapması ve ortalama değeri yüksek olan yöntemin SYM üzerinde daha fazla düzeltme işlemi yaptığı gözlenmektedir.

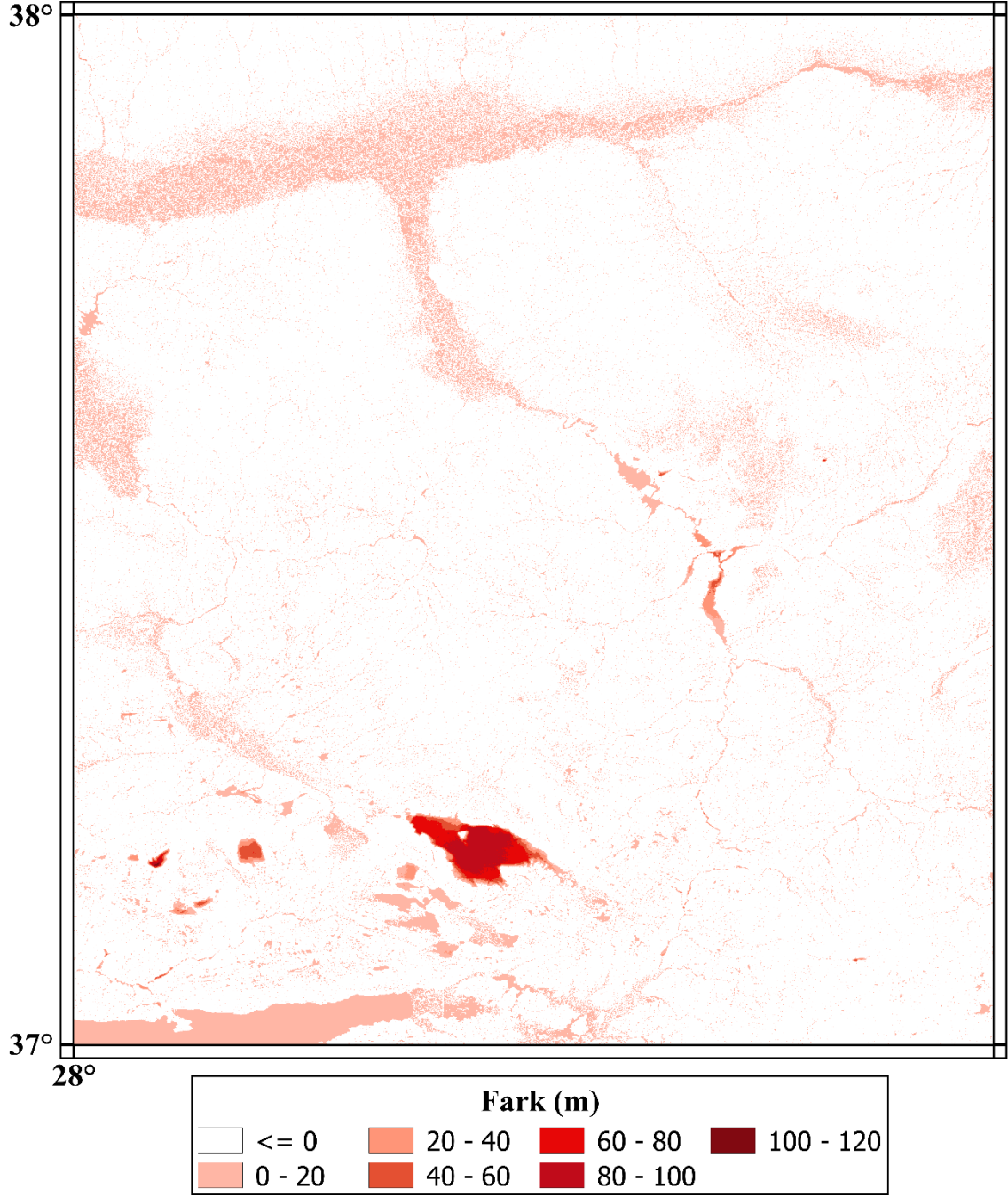
Bu bölgede uygulanan Fill Sinks xxl'in bazı alanlarda çok büyük miktarda düzleştirme işlemi yapması ve r.fill.dir algoritmasının da çok küçük denebilecek miktarlarda düzleştirme işlemi uygulamasından dolayı en iyi sonucun Fill Sinks (wang&liu) ile elde edildiği görülmüştür.

4.2. Bölge 1 (SRTM)

Bölge 1 için SRTM verisi kullanılarak Fiil Sinks (wang&liu), Fill Sinks xxl ve r.fill.dir algoritmaları ile çukur doldurma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra hem işlenmiş veriye hem de orijinal veriye gölgeleme işlemi uygulanarak incelemeler yapılmıştır.



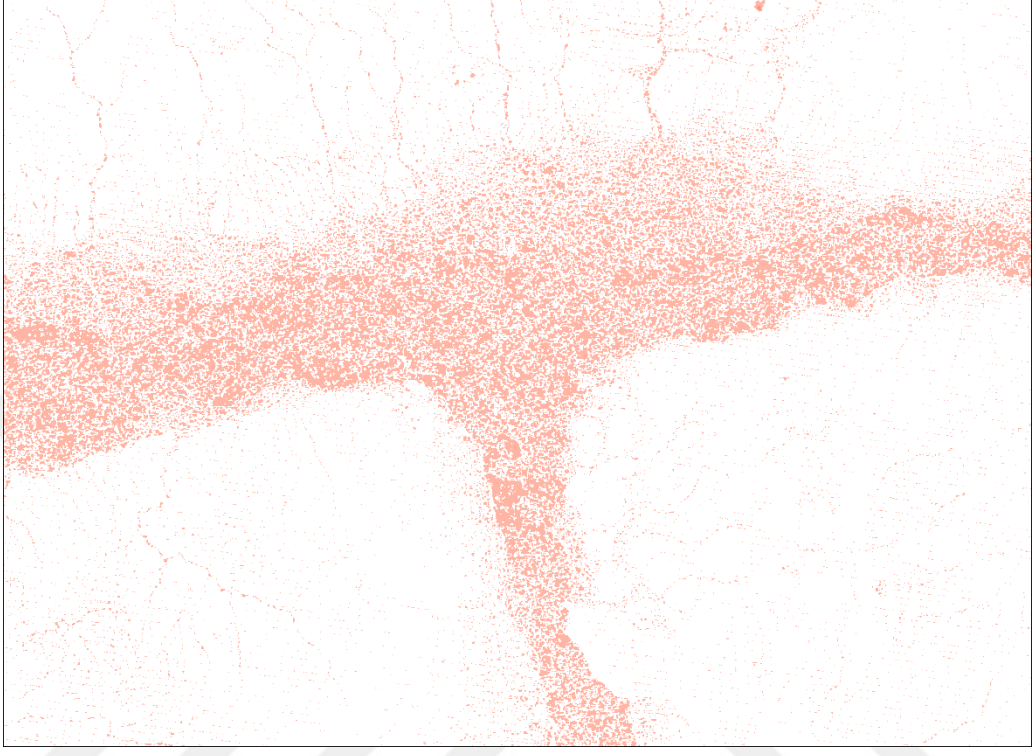
4.2.1. Uygulama 4



Şekil 4.24: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

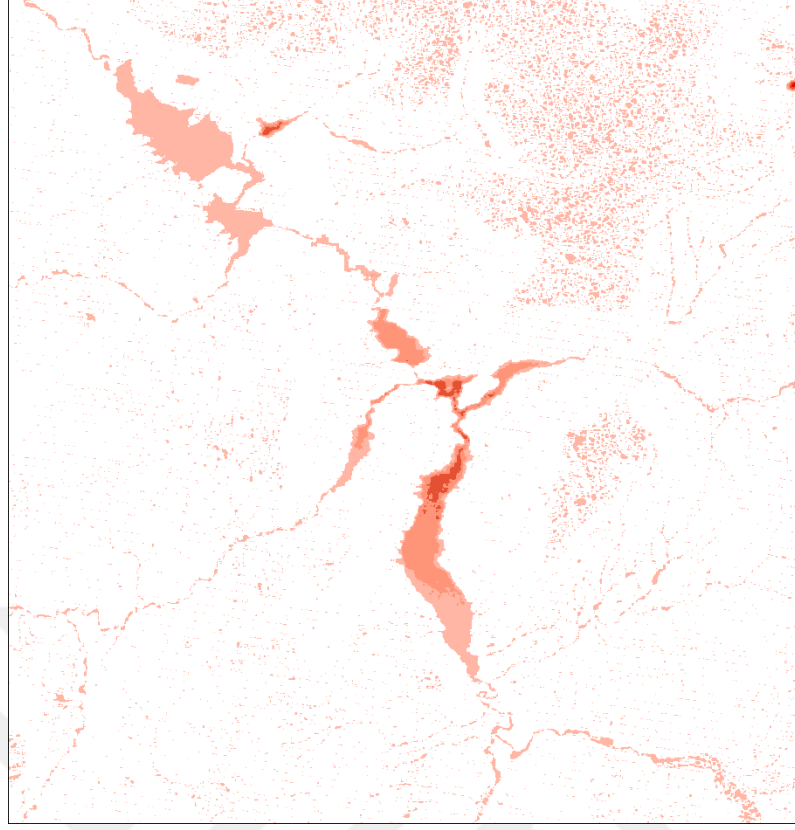
Şekil 4.24, Fill Sinks (wang&liu) algoritması kullanılarak elde edilmiştir. Aynı bölgeye ait farklı veriler ile elde edilen SYM'ler ufak da olsa farklılar içermektedir. Örneğin SRTM verisi kullanılarak elde edilen Şekil 4.25 ve daha önce ASTER verisi kullanılarak elde edilen Şekil 4.13 kıyaslanabilir. Her iki veriye de aynı çukur doldurma algoritması

uygulanmıştır. Fakat elde edilen işlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark bazı bölgelerde az bazı bölgelerde çok olmaktadır.

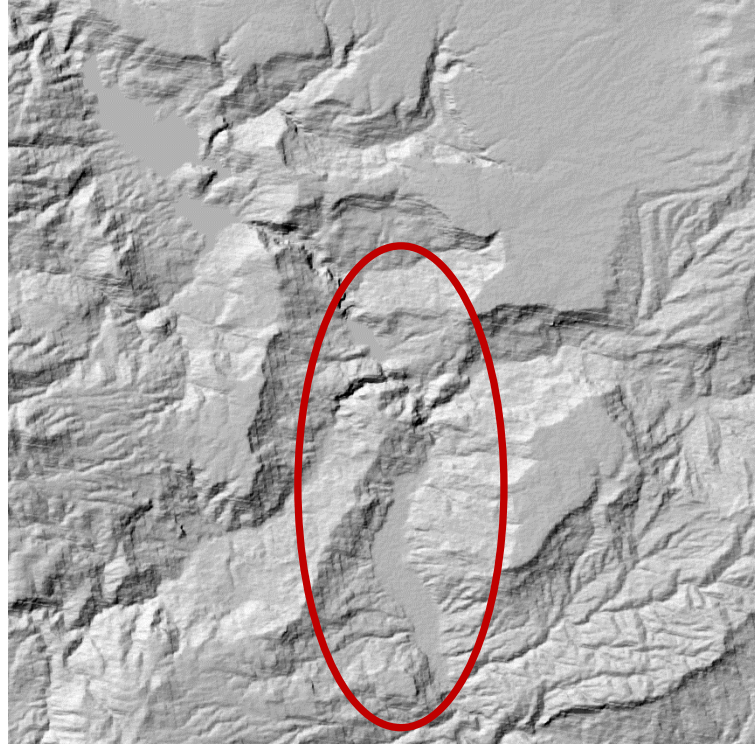


Şekil 4.25: Şekil 4.24'te farkların belirgin olduğu bölgelerden alınan bir kesit

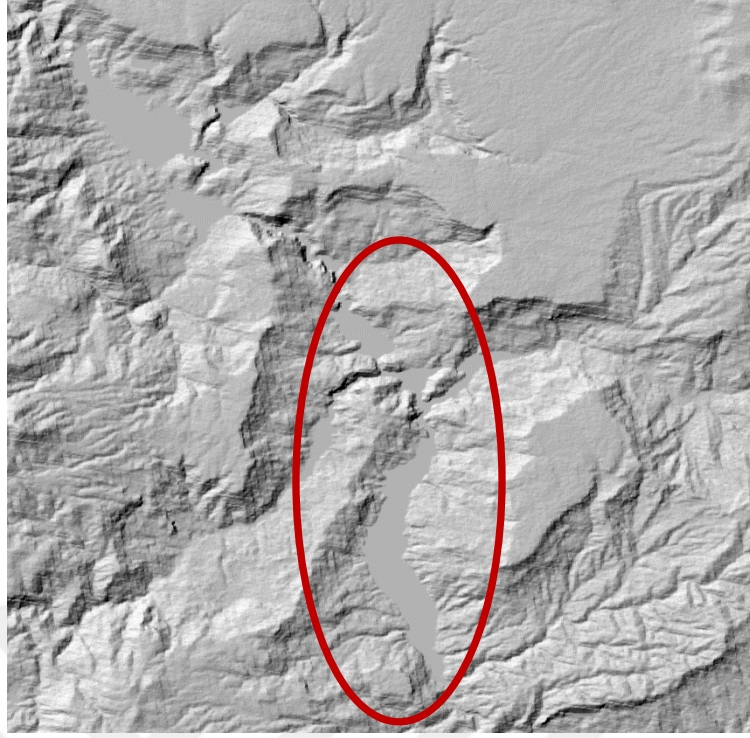
Bir başka örnek ise SRTM verisi kullanılarak elde edilen Şekil 4.26 ve daha önce ASTER verisi kullanılarak elde edilen Şekil 4.9'dur. İki veri ile elde edilen farkların birbirinden ayırt edici şekilde farklı olması yapılan gölgelemeleri de etkilemektedir. Bu örneğin gölgelemeye olan etkisi için Şekil 4.28 ve Şekil 4.11 arasında karşılaştırma yapılması gerekmektedir.



Şekil 4.26: Şekil 4.24'te farkların çok olduğu bölgelerden alınan bir başka kesit

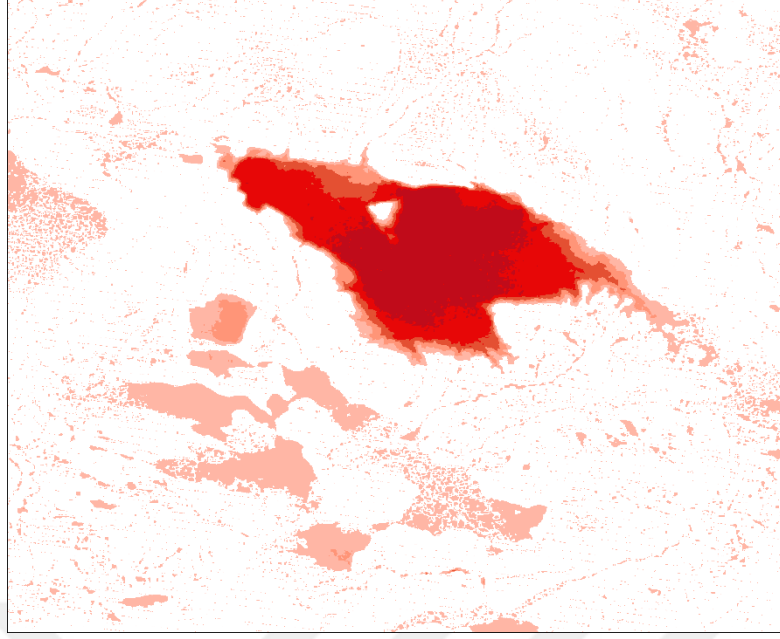


Şekil 4.27: Verinin çukur doldurma yöntemi uygulanmadan önceki halinden bir kesit

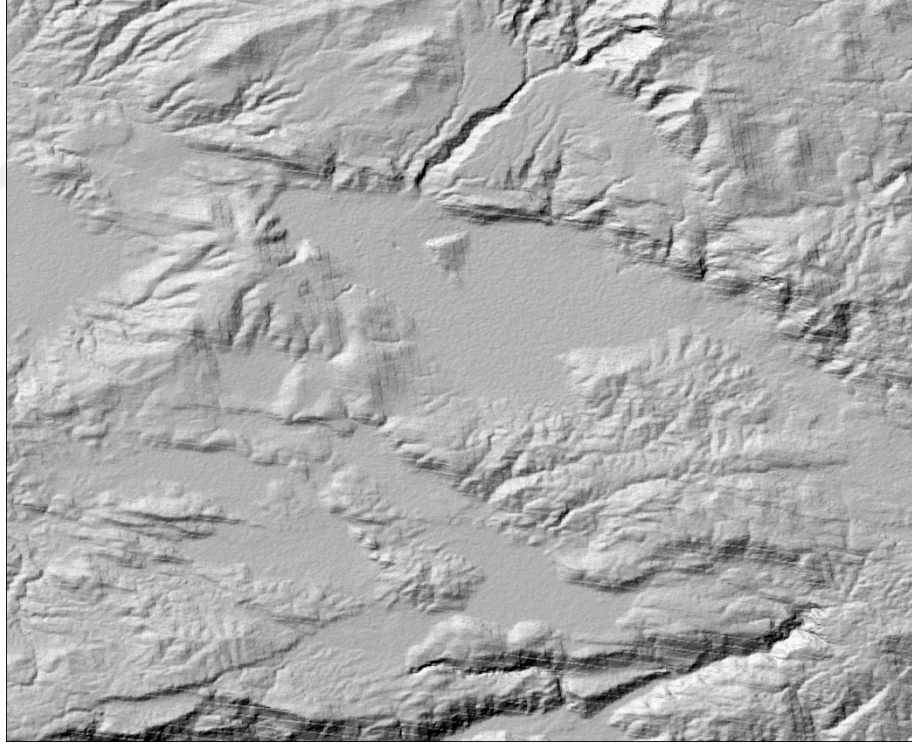


Şekil 4.28: Veride çukur doldurma yöntemi uygulandıktan sonra değişim olan yerlerden bir kısmı

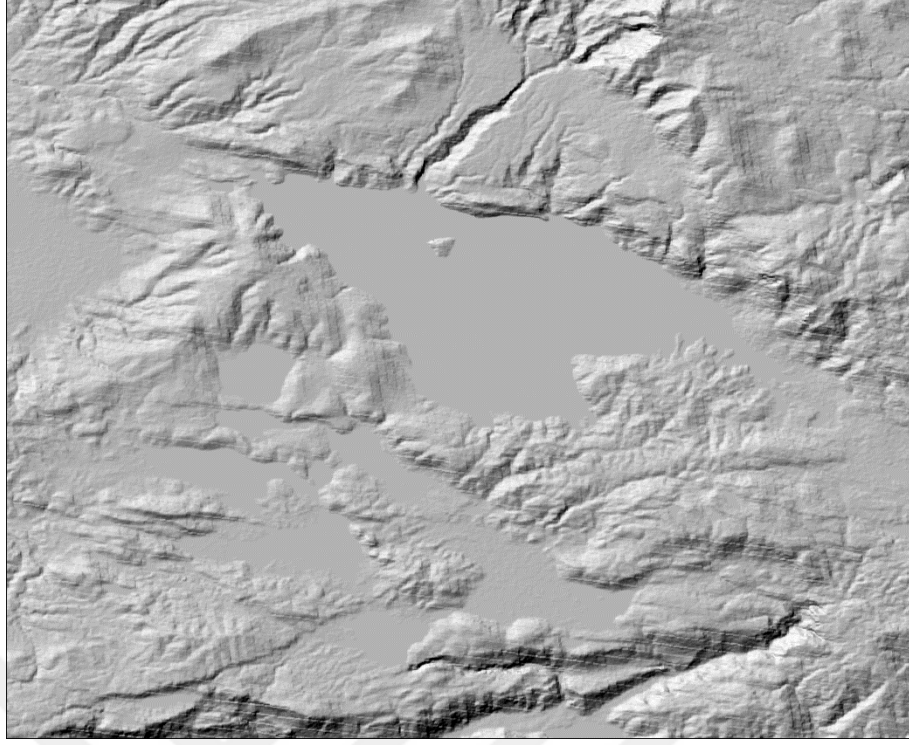
Şekil 4.28 ve Şekil 4.11 kıyaslandığı zaman SRTM verisi üzerinde yapılan çukur doldurma işlemi sonucunda ASTER verisine oranla daha az düzleştirme yapıldığı gözlemlenmiştir. Özellikle kırmızı daire içinde gösterilen yerde topoğrafyaya ait bazı küçük detaylar SRTM verisi kullanıldığında daha az değişime uğramıştır.



Şekil 4.29: Şekil 4.24'te farkların çok olduğu bölgelerden alınan bir başka kesit



Şekil 4.30: Verinin çukur doldurma yöntemi uygulanmadan önceki halinden bir kesit



Şekil 4.31: Veride çukur doldurma yöntemi uygulandıktan sonra değişim olan yerlerden bir kısmı

Şekil 4.30 ve Şekil 4.31 incelendiğinde çukur doldurma algoritmasının SRTM verisinde daha az etkili olduğu dolayısıyla da söz konusu bu alan için ASTER verisine nazaran gölgeleme açısından daha olumlu olduğu söylenebilir. Aynı alana ait ASTER verisi ile hazırlanan örnek Uygulama 1’de (Şekil 4.7) verilmiştir.

Bölge 1’e ait ASTER ve SRTM verileri kullanılarak elde edilen istatistiksel değerler Çizelge 4.4’te yer almaktadır. Bu veriler için Fill Sinks (wang&liu) algoritması kullanılmıştır. İşlenmiş veri ile orijinal verinin farkının ortalama değeri ve standart sapması küçüldükçe yapılan düzleştirme işlemi yani çukur doldurma işlemi de daha az olmaktadır. Bunun gölgeleme açısından etkisi ise kullanılan algoritmaya göre değişmektedir. Örneğin SRTM verisi için Fill Sinks x1 kullanıldığında daha iyi bir sonuç alınırken r.fill.dir kullanıldığında çok küçük miktarda düzleştirme yapıldığından dolayı tam tersi bir etki söz konusu olabilmektedir.

Çizelge 4.5, Bölge 1’e ait ASTER ve SRTM verileri için Fill Sinks x1 kullanılarak elde edilen istatistiksel değerlerdir. Çizelge 4.6 ise r.fill.dir kullanılarak elde edilen istatistiksel değerlerdir. Diğer bölgelere uygulanan çukur doldurma algoritmalarının ASTER ve SRTM verileri açısından karşılaştırması için hazırlanan çizelgeler Ek-1’de verilmiştir.

Çizelge 4.4: Bölge 1'e ait ASTER ve SRTM verileri için Fill Sinks (wang&liu) kullanılarak elde edilen istatistiksel değerler

UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Bölge 1 (ASTER) Uygulama 1	102,15	0,62	5,54
Bölge 1 (SRTM) Uygulama 4	113,12	0,48	5,22

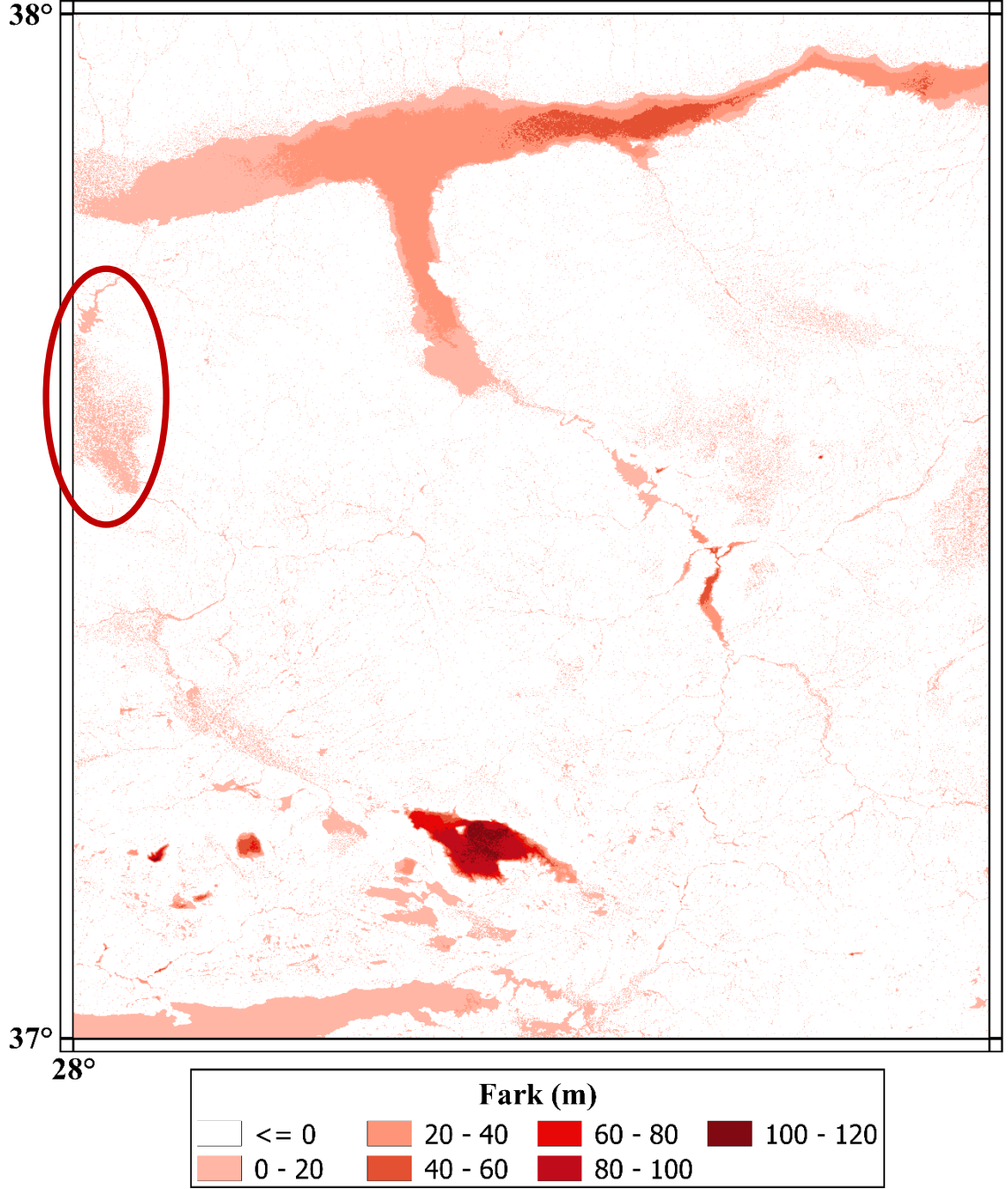
Çizelge 4.5: Bölge 1'e ait ASTER ve SRTM verileri için Fill Sinks xxl kullanılarak elde edilen istatistiksel değerler

UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Bölge 1 (ASTER) Uygulama 2	108,54	2,02	8,54
Bölge 1 (SRTM) Uygulama 5	114,26	1,85	8,28

Çizelge 4.6: Bölge 1'e ait ASTER ve SRTM verileri için r.fill.dir kullanılarak elde edilen istatistiksel değerler

UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Bölge 1 (ASTER) Uygulama 3	102,0	0,09	0,80
Bölge 1 (SRTM) Uygulama 6	68,0	0,03	0,38

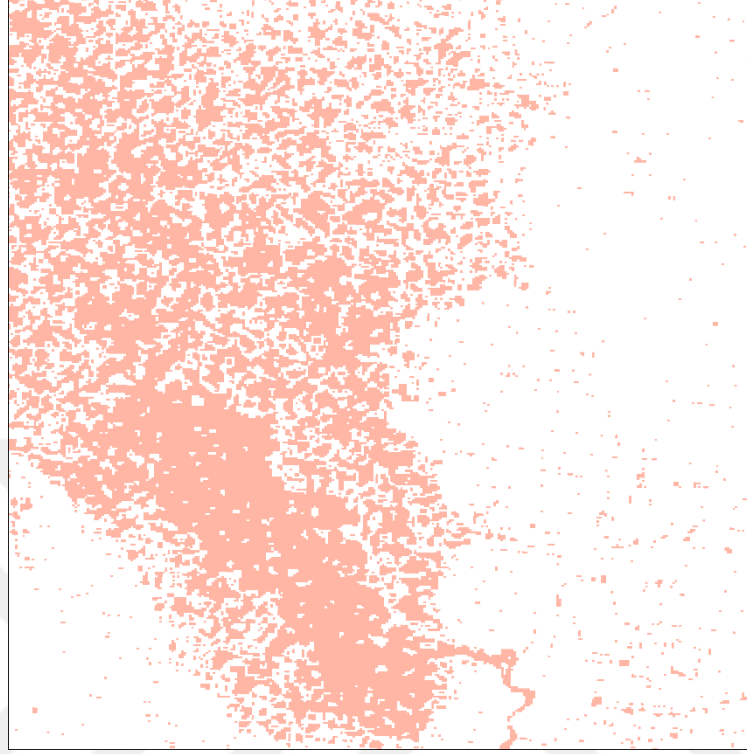
4.2.2. Uygulama 5



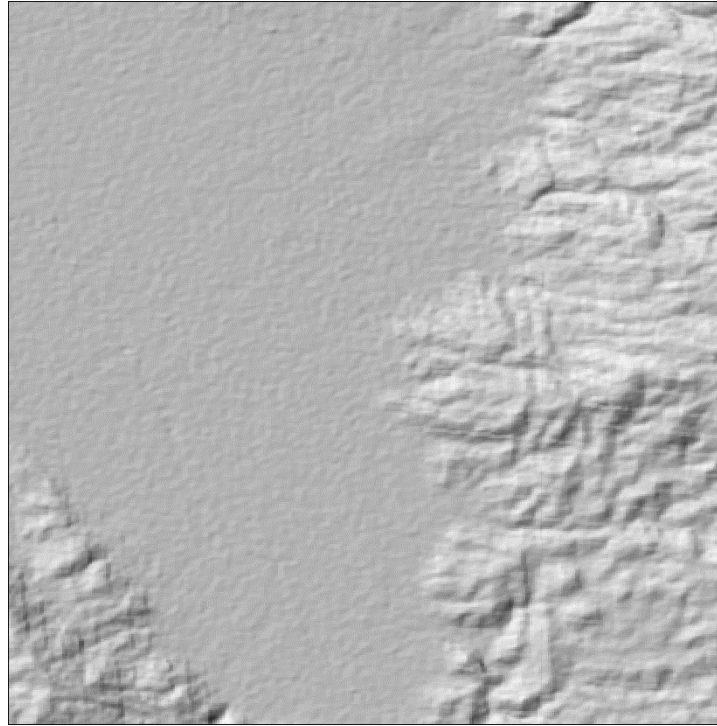
Şekil 4.32: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

Şekil 4.32, Fill Sinks xxl çukur doldurma işlemi uygulanarak elde edilen fark haritasıdır. Şekil 4.33'te fark haritasından alınan bir örnek yer almaktadır. Farkları içeren alanın nereye denk geldiğine Google uydu haritasından bakıldığında buranın tarım yapılan bir alan olduğu görülmektedir ve farkların SYM elde edilirken ortaya çıkan rastgele hatalardan olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle SYM hatalarının giderilmesi için çukur

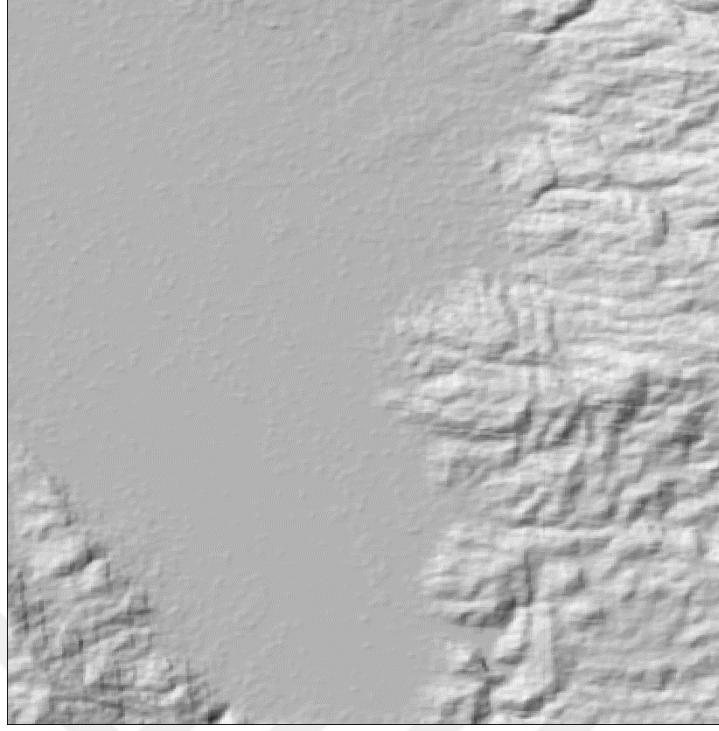
doldurma yönteminin uygulanması böyle bir alan üzerinde çalışılacak olan gölgeleme yöntemini olumlu yönde etkilemektedir.



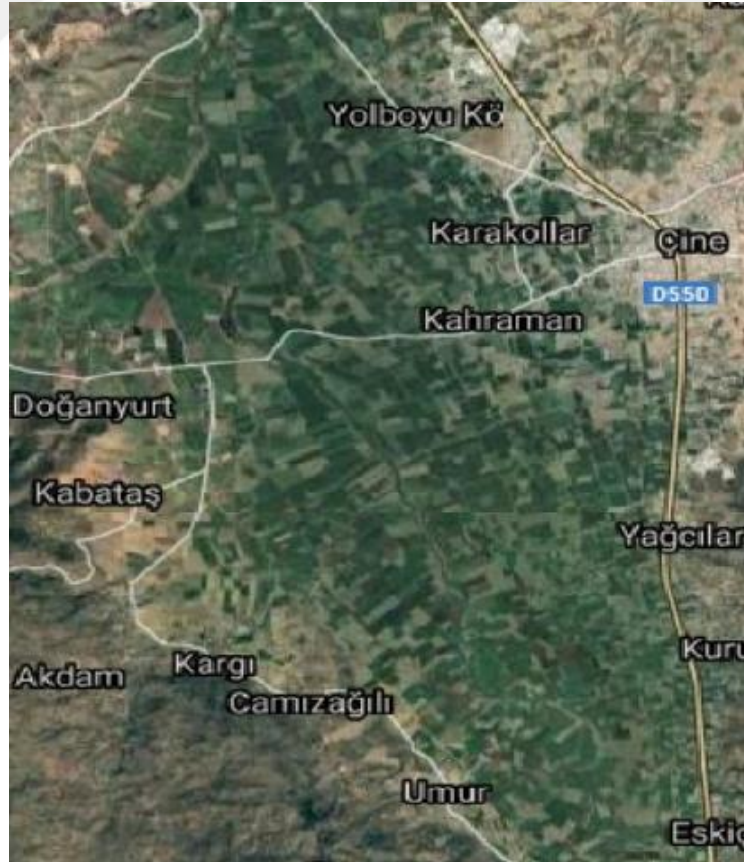
Şekil 4.33: Şekil 4.32’de farkların çok olduğu bölgelerden alınan bir kesit



Şekil 4.34: Verinin çukur doldurma yöntemi uygulanmadan önceki halinden bir kesit

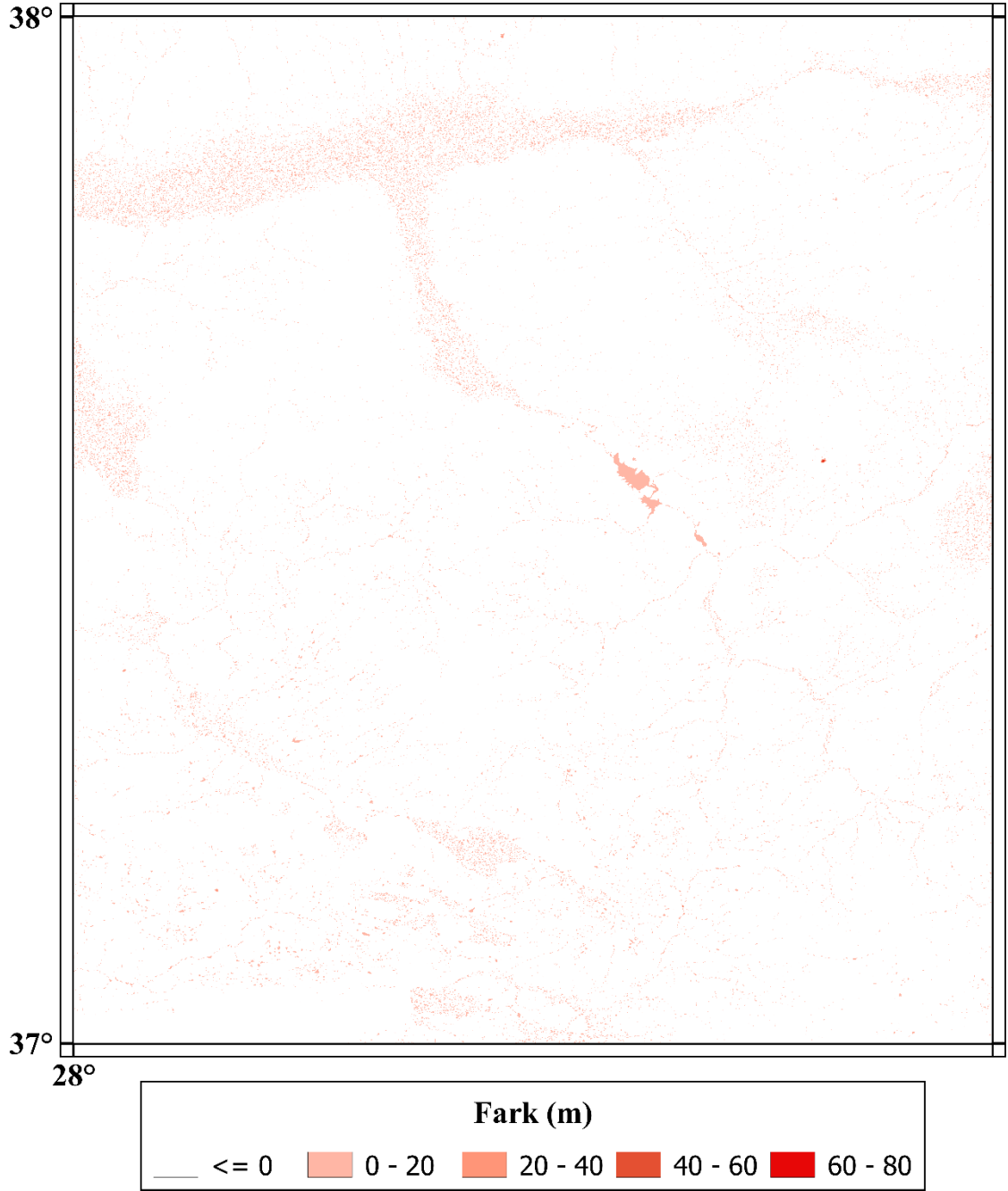


Şekil 4.35: Veride çukur doldurma yöntemi uygulandıktan sonra değişim olan yerlerden bir kısmı



Şekil 4.36: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan

4.2.3. Uygulama 6



Şekil 4.37: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

Şekil 4.37 r.fill.dir algoritması ile çukur doldurma işlemi uygulanarak elde edilen fark haritasıdır. Bu yöntemin Bölge 1'e ait SRTM verisine uygulanması ile gölgeleme açısından belirgin bir değişim gözlemlenememiştir.

Çizelge 4.7: Bölge 1 (SRTM) verisi kullanılarak elde edilen farklara ait istatistiksel değerler

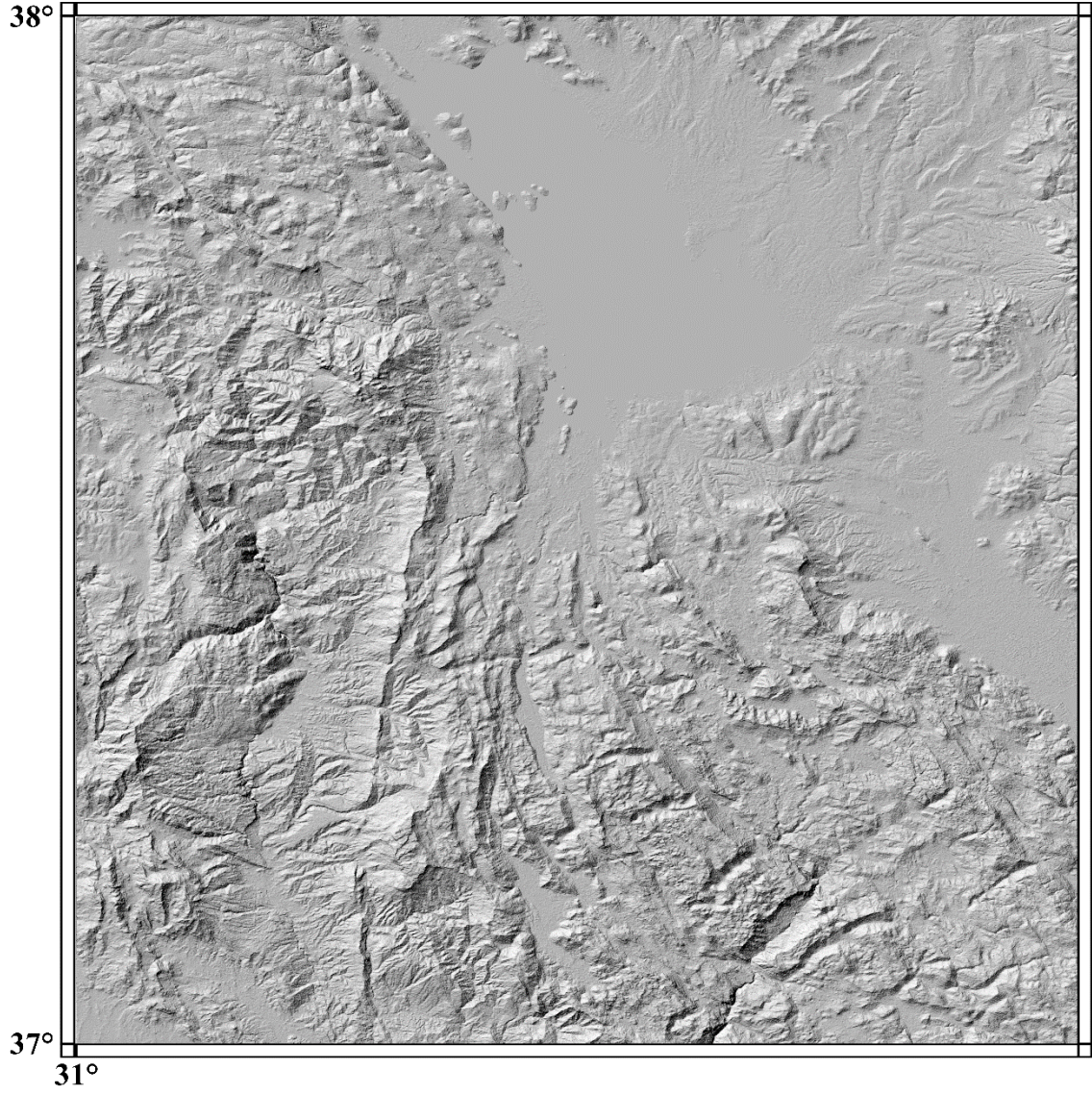
UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Uygulama 4	113,12	0,48	5,22
Uygulama 5	114,26	1,85	8,28
Uygulama 6	68,0	0,03	0,38

Çizelge 4.7’de Bölge 1’e ait SRTM verisi kullanılarak elde edilen farkların istatistiksel değerleri yer almaktadır. Elde edilen farklara ait en büyük değer 113,12 m ile Fill Sinks (wang&liu)’da görülürken en küçük değer ise 68,0 m ile r.fill.dir’de görülmektedir. Ortalama değeri ve standart sapması en küçük fark yine r.fill.dir ile elde edilmiştir. Bu bölgede SRTM verisi ile yapılacak olan gölgeleme için en iyi sonuçlar Fill Sinks (wang&liu)’da elde edilmiştir. Bununla beraber Fill Sinks xxl’in kullanılması da bazı alanlar için yapılan gölgeleme de olumlu bir sonuç meydana getirmiştir. Fakat r.fill.dir algoritmasının bu bölgenin SRTM verisi için kullanılması gölgeleme açısından herhangi bir fark yaratmamıştır.

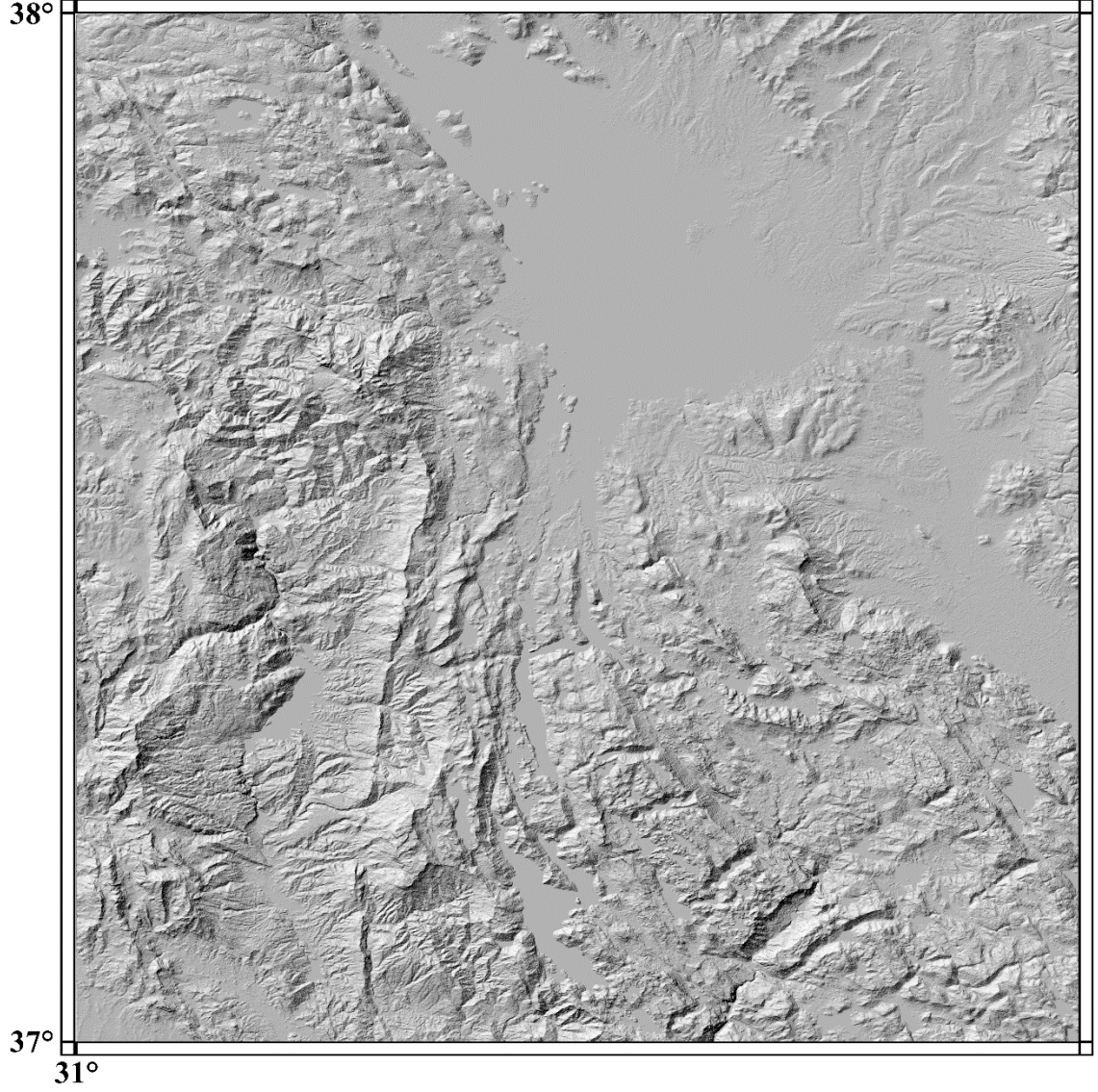
4.3. Bölge 2 (ASTER)

Bölge 2 için ASTER verisi kullanılarak Fiil Sinks (wang&liu), Fill Sinks xxl ve r.fill.dir algoritmaları ile çukur doldurma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra hem işlenmiş veriye hem de orijinal veriye gölgeleme işlemi uygulanarak incelemeler yapılmıştır.

4.3.1. Uygulama 7

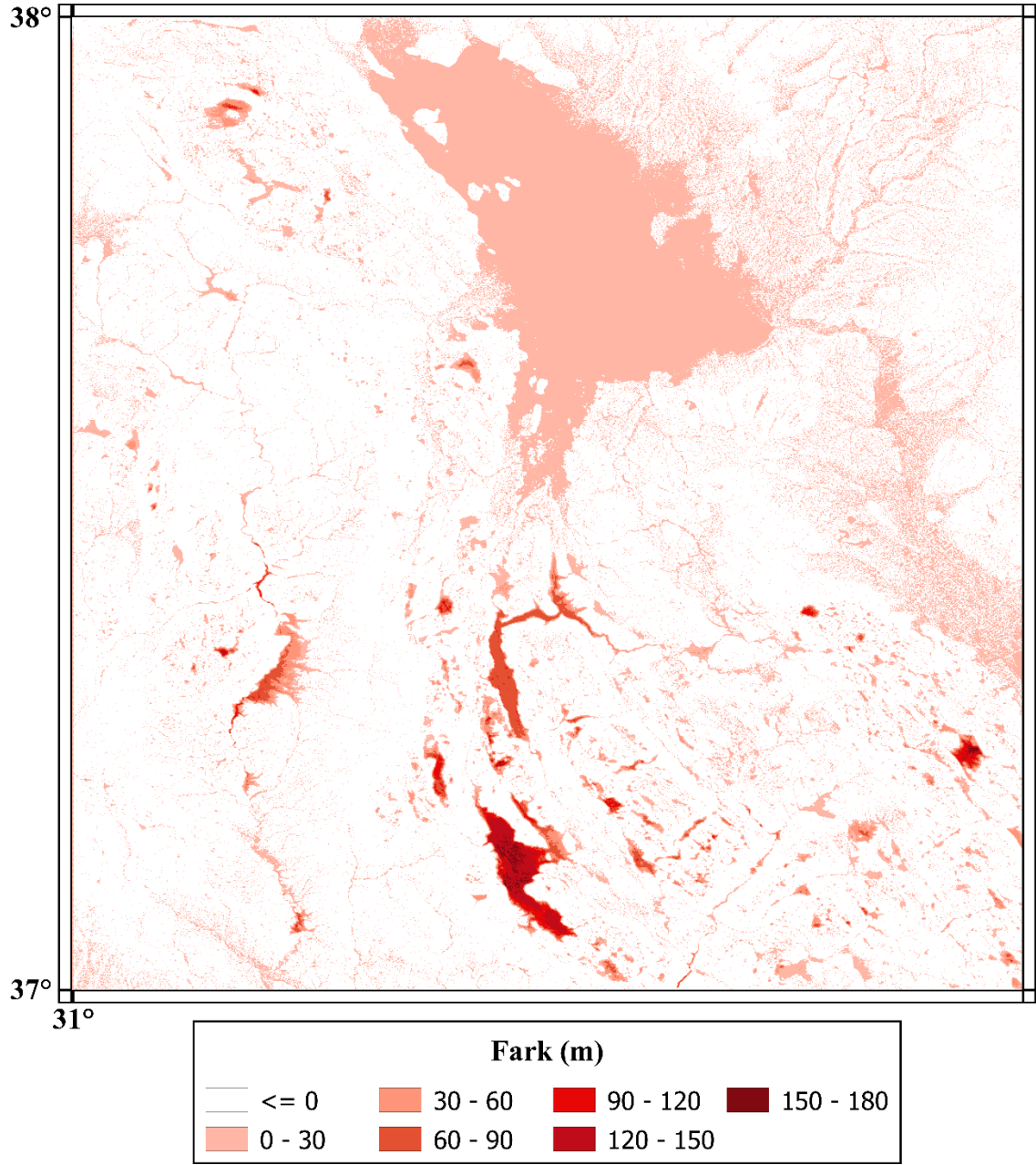


Şekil 4.38: Veriye sadece gölgelendirme yönteminin uygulanması

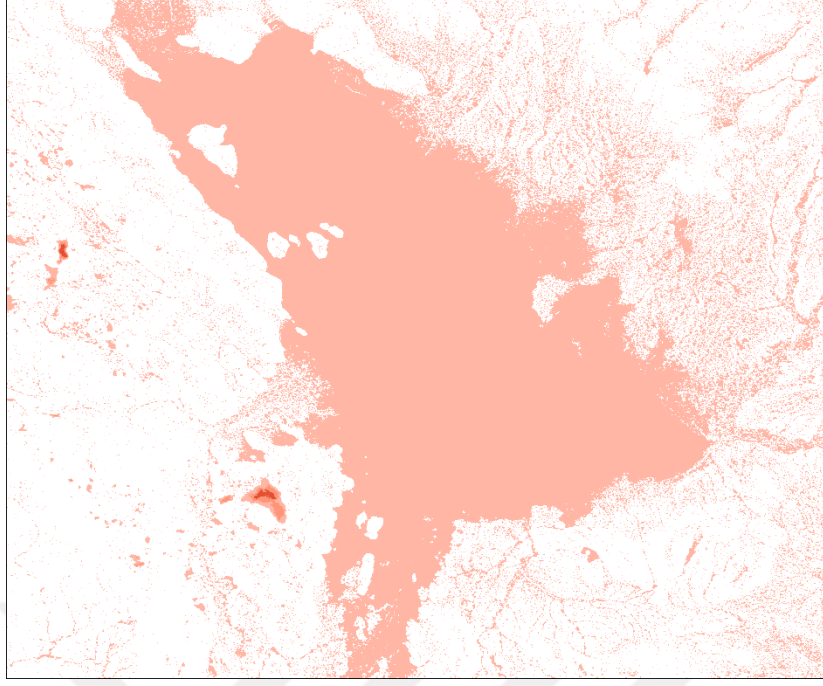


Şekil 4.39: Veriye önce çukur doldurma işlemi daha sonra ise gölgeleme yönteminin uygulanması

Şekil 4.38, verinin direkt olarak gölgeleme yöntemi uygulanmış halidir. Şekil 4.39 ise önce çukur doldurma işleminin uygulanması daha sonra ise gölgeleme yönteminin uygulanması ile elde edilmiştir. Çukur doldurma için Fill Sinks (wang&liu) algoritması kullanılmıştır. Şekil 4.40'da ise işlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki farklar gösterilmiştir.

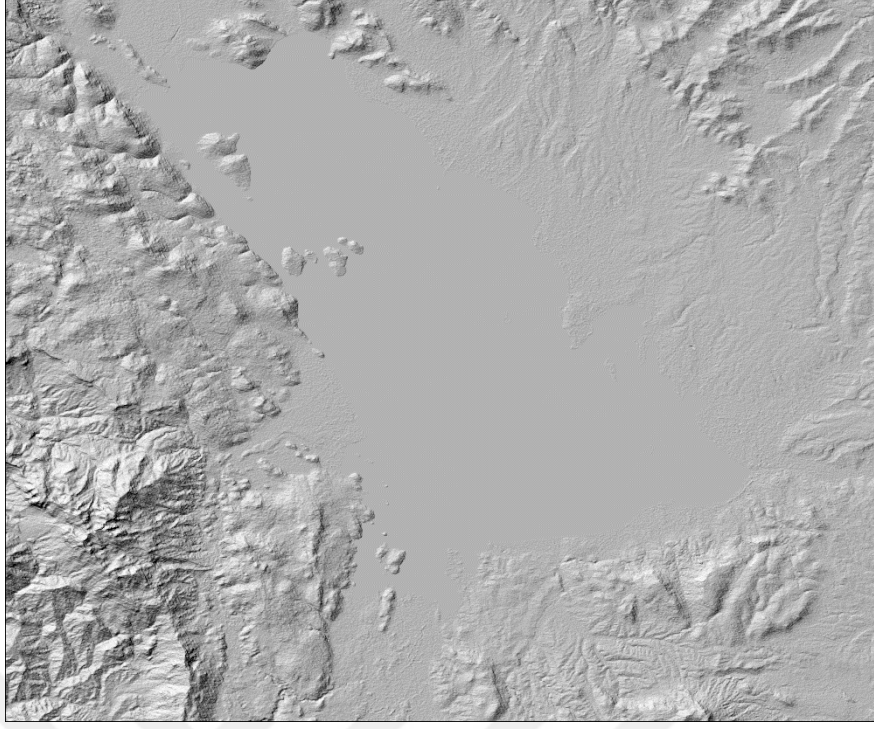


Şekil 4.40: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

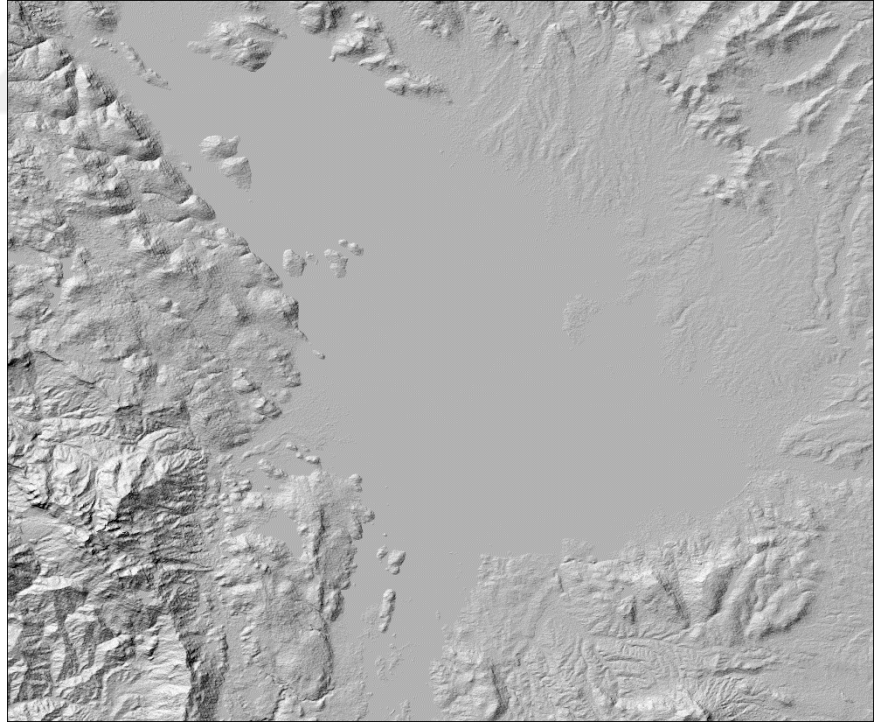


Şekil 4.41: Şekil 4.40’da farkların geniş bir alan kapsadığı yerlerden bir kesit

Şekil 4.41’deki yerin çukur doldurma işlemi uygulanmadan elde edilen gölgeleme haritası (Şekil 4.42) ve çukur doldurma işlemi uygulandıktan sonra elde edilen gölgeleme haritasını (Şekil 4.43) incelediğimiz zaman özellikle süreklilik gösteren pembe renkli alanın kenar kısımlarına yaklaştıkça belirgin bir düzleştirme işlemi yapıldığı görülmektedir. Aşırı bir düzleştirme işlemi söz konusu değildir. Şekil 4.44’te yükseklik farklarını içeren alana Google uydu haritasından bakıldığı zaman bu alanın Beyşehir Gölü’ne denk geldiği görülmektedir. Su kütlelerini içeren alanlarda (deniz hariç) çukur doldurma işleminin uygulanması gölgelemeyi olumsuz etkilemektedir. Çünkü normalde topoğrafyada yer alan özellikle küçük çaplı yer şekilleri çukur doldurma işlemi uygulandığında kaybolmaktadır. Bu nedenle SYM hatalarının giderilmesi için çukur doldurma yönteminin uygulanması böyle bir alan üzerinde çalışılacak olan gölgeleme yöntemini olumsuz yönde etkilemektedir.



Şekil 4.42: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

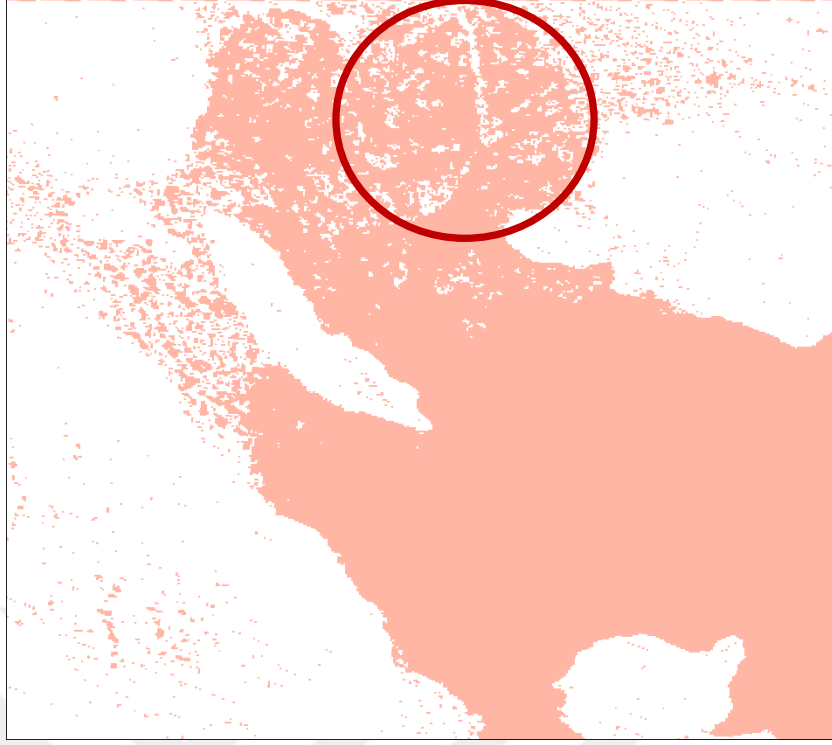


Şekil 4.43: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

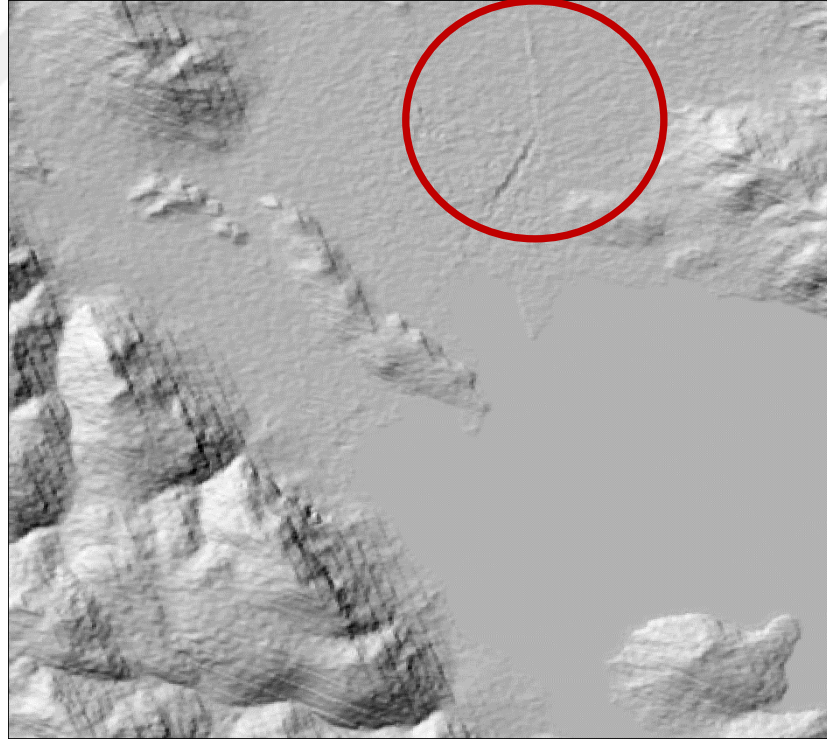


Şekil 4.44: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan

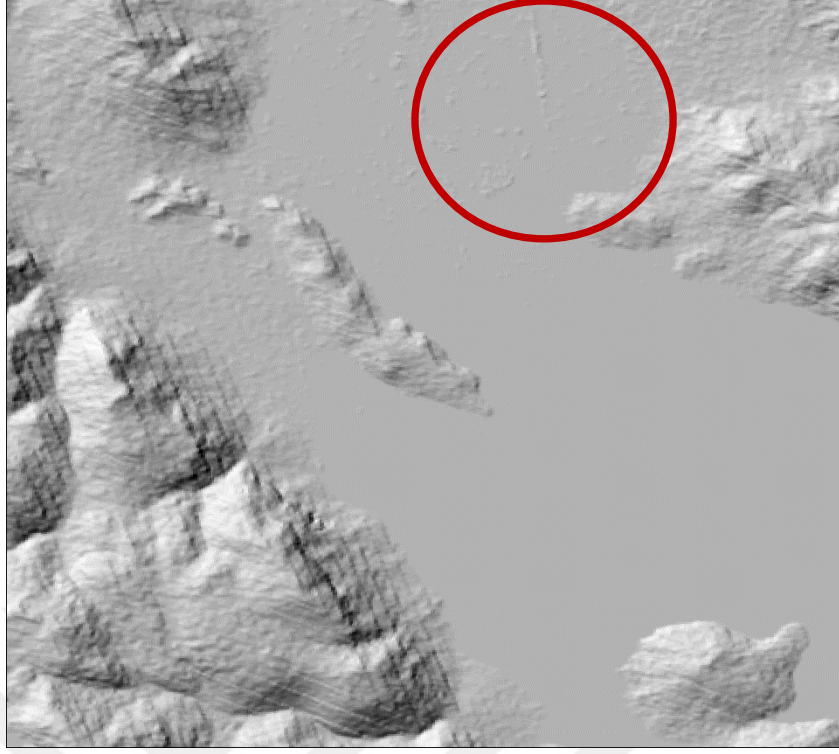
Şekil 4.45’de yine Beyşehir Gölü civarında bir alan ele alınmıştır. Bu sefer daha detaylı bir inceleme yapabilmek ve söz konusu bu alanın nereye denk geldiğini daha net görebilmek için alan üzerinde yakınlaştırma yapılır. Şekil 4.46 ve Şekil 4.47 çukur doldurma işlemi öncesi ve sonrası yapılan gölgeleme uygulamalarını göstermektedir. Şekil 4.46 ve Şekil 4.47 arasında karşılaştırma yapıldığında kırmızı daire içindeki alana bir miktar düzleştirme işleminin uygulanmış olduğu görülmektedir. Şekil 4.48’de bu alanda Beyşehir Gölü’ne bağlı boşaltma kanallarının yer aldığı görülmektedir. Boşaltma kanallarından dolayı SYM tam olarak doğru elde edilmemiş olabilir. Dolayısıyla burada çukur doldurma işlemi gölgelemeyi olumlu etkilemektedir.



Şekil 4.45: Beyşehir Gölü civarında farkların olduğu bir alan



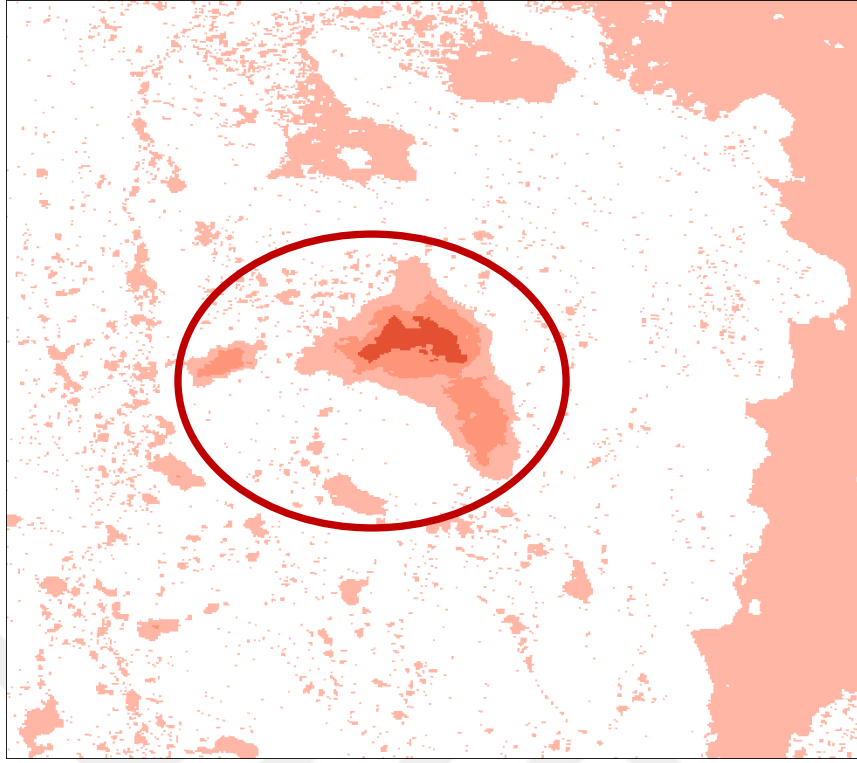
Şekil 4.46: Veriye sadece gölgeleme yönteminin uygulanması



Şekil 4.47: Veriye önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemlerinin uygulanması

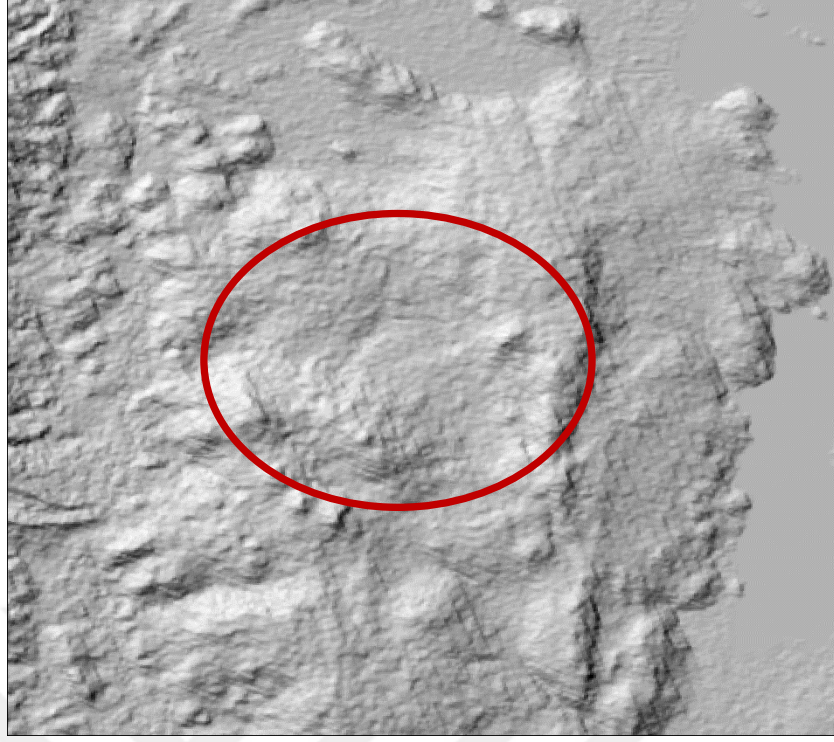


Şekil 4.48: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan

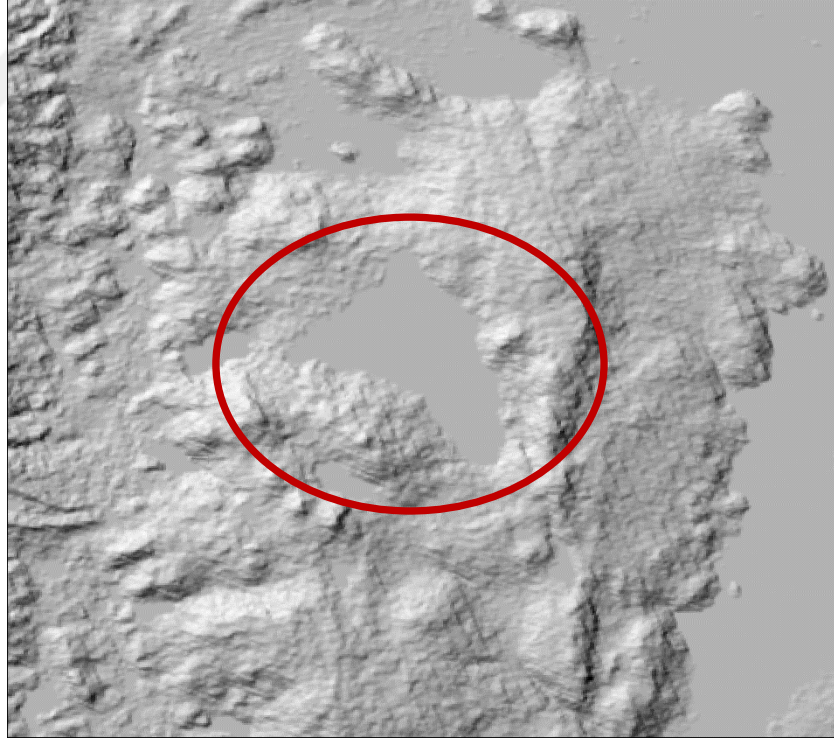


Şekil 4.49: Şekil 4.40’da farkların geniş bir alan kapsadığı yerlerden alınan başka bir kesit

Fill Sinks (wang&liu) kullanılarak hazırlanan fark haritasından farklı bir alana ait kesit Şekil 4.48’de gösterilmiştir. Bu alandaki değişim için Şekil 4.50 ve Şekil 4.51 arasında karşılaştırma yapılarak incelenmiştir.



Şekil 4.50: Veriye sadece gölgeleme yönteminin uygulanması



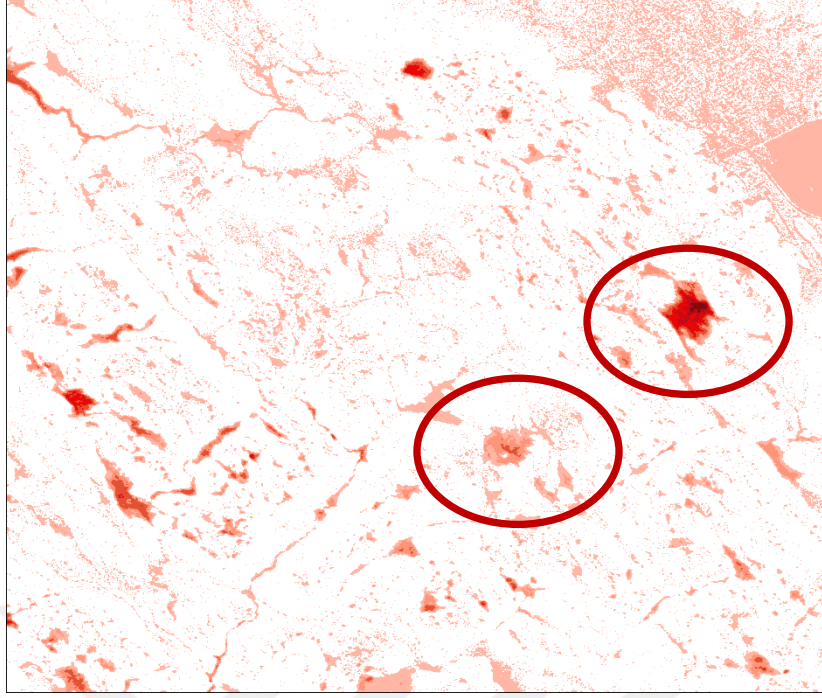
Şekil 4.51: Veriye önce çukur doldurma daha sonra gölgeme yöntemi uygulanması

Şekil 4.50 ve Şekil 4.51 arasında karşılaştırma yapıldığı zaman söz konusu bu alanda yüksek denilebilecek miktarda bir düzleştirme işlemi yapıldığı görülmektedir. SYM için veri alımı yapılırken bir bulut kümesine denk geldiği görülmektedir. Bulut kümesinin varlığı yeryüzünde bir gölge oluşturmuştur. Bundan dolayı özellikle gölgelik alana denk gelen topoğrafyanın olduğu yerlerde SYM hatalar meydana gelmiştir. Dolayısıyla burada çukur doldurma işlemi uygulandığında gölgeleme işlemi olumlu etkilenmektedir. Fakat yapılan düzleştirmenin miktarında azaltma yapılması çok daha iyi bir sonuç elde edilmesini sağlamaktadır.

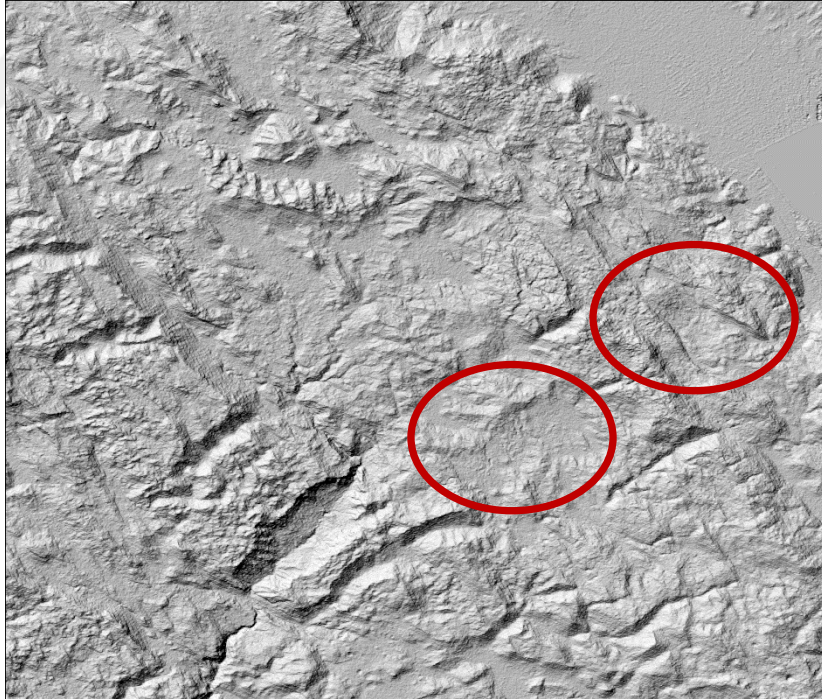


Şekil 4.52: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan

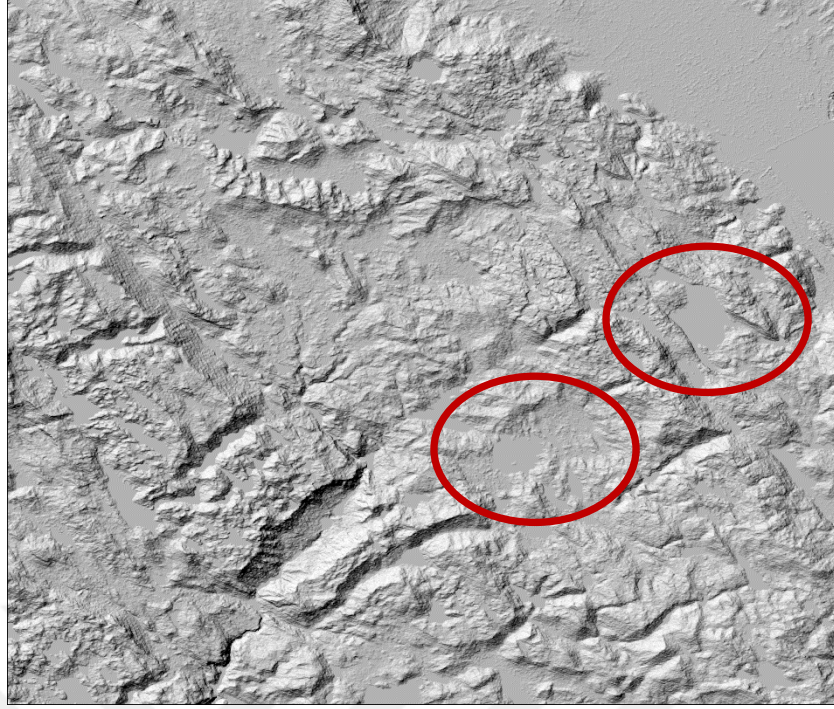
Fill Sinks (wang&liu) çukur doldurma işlemi uygulanan bir başka örnek ise Şekil 4.53'te gösterilmiştir. Kapladığı alan bakımından küçük fakat fark değeri bakımından yüksek olan yerlerden örnek seçilmiştir.



Şekil 4.53: Şekil 4.40’da farkların daha dar bir alan kapsadığı yerlerden alınan başka bir kesit

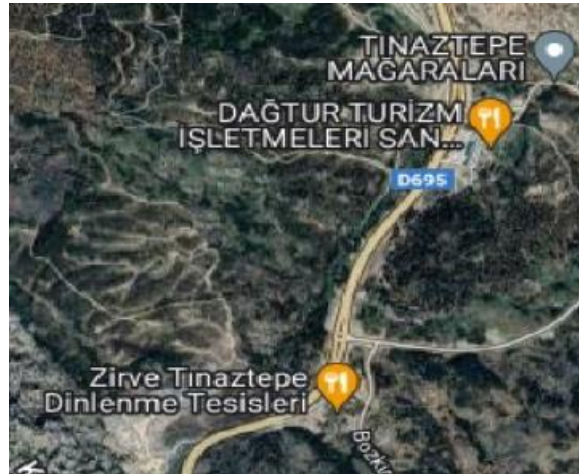


Şekil 4.54: Veriye sadece gölgeleme yönteminin uygulanması



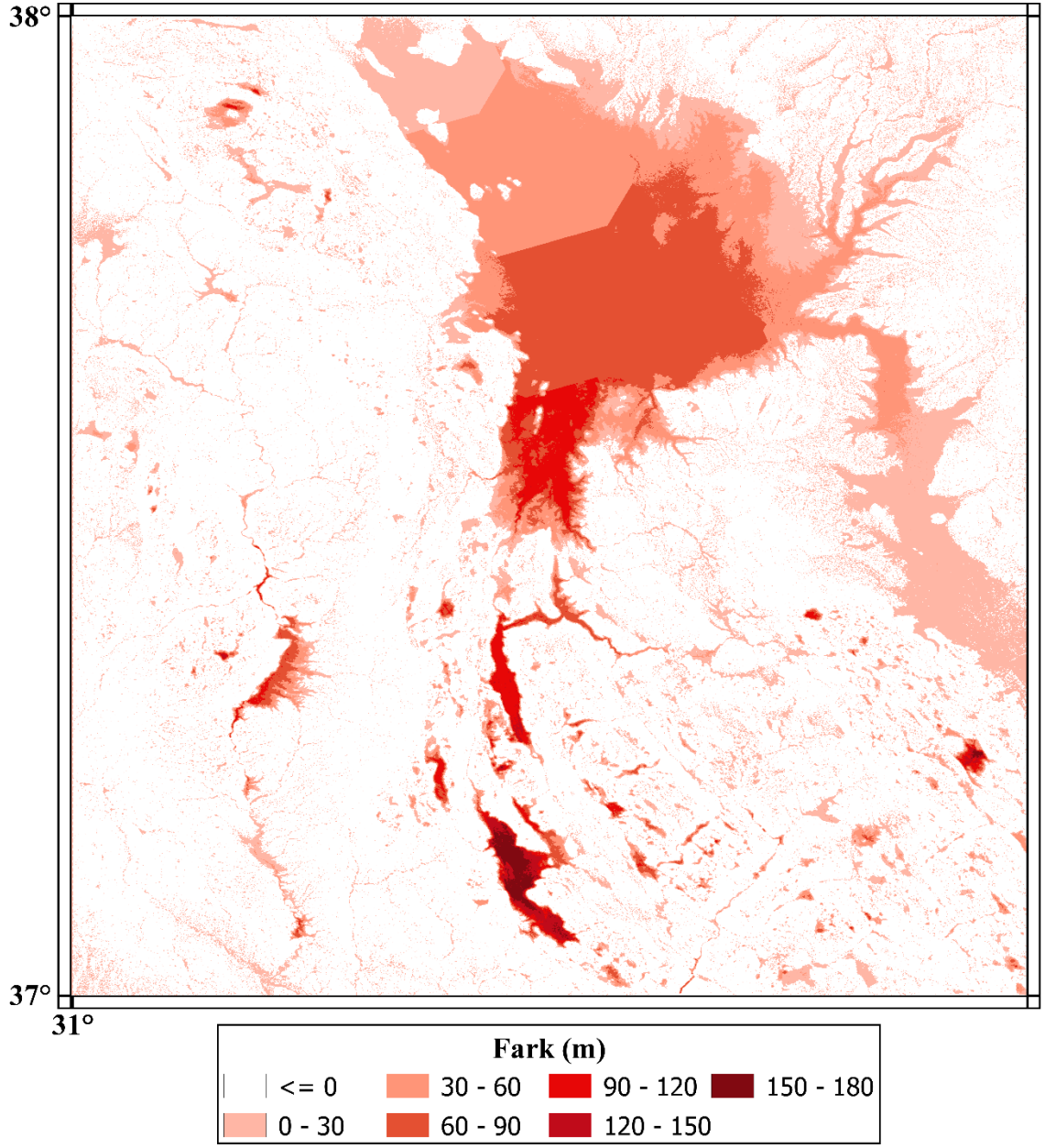
Şekil 4.55: Veriye önce çukur doldurma daha sonra gölgeme yöntemi uygulanması

Şekil 4.56’da seçilen alanın içinde yerleşim alanı, turistik tesisler ve ana yollar olduğu görülmektedir. Turistik alan tesisleri, yollar ve yerleşim yerlerinin sık olduğu yerlerde SYM gerçek topoğrafyayı tam olarak yansıtmayabilir. Dolayısıyla böyle bir alanda çukur doldurma işleminin yapılması gölgeleme yöntemini olumlu yönde etkilemektedir.



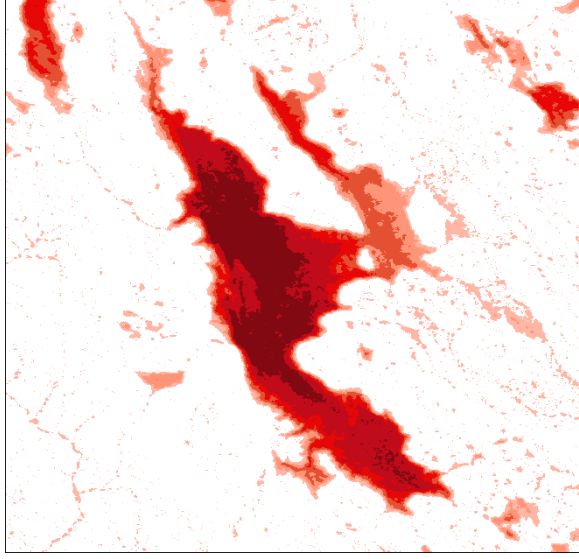
Şekil 4.56: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan

4.3.2. Uygulama 8

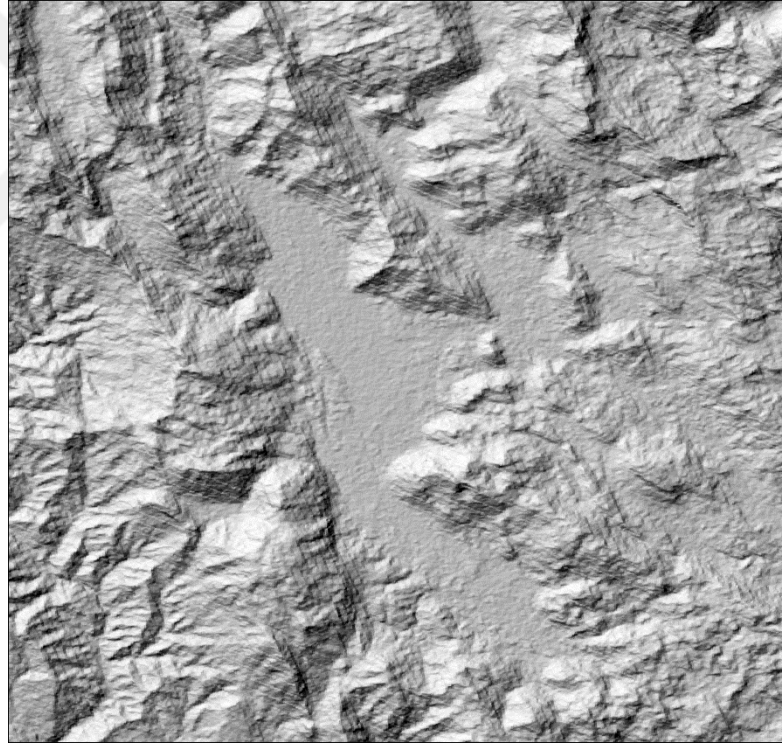


Şekil 4.57: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

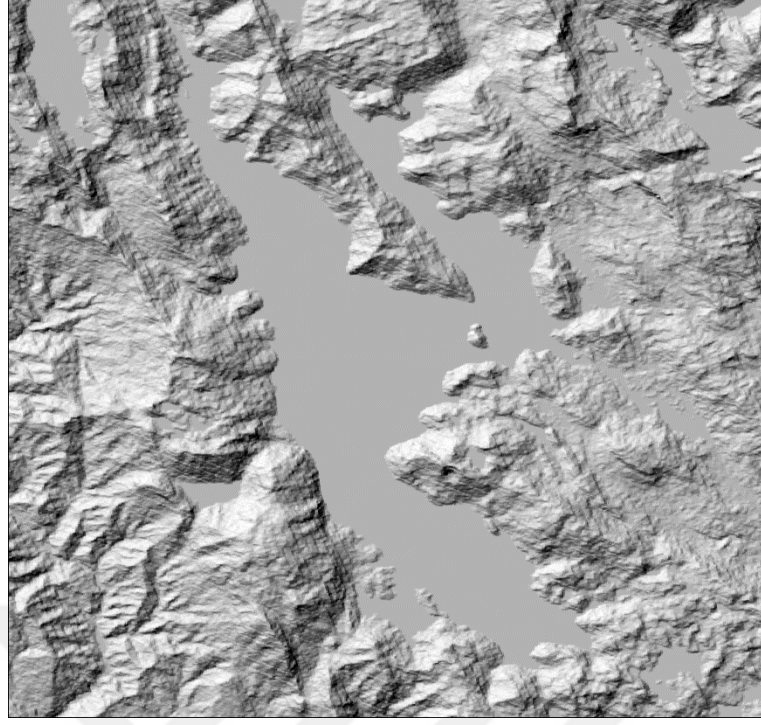
Şekil 4.57 Fill Sinks xxi algoritması kullanılarak elde edilen fark haritasıdır. Şekil 4.58’de gösterilen alan farkın en büyük olduğu yerlerdendir. Nispeten düzlük bir alan içerisinde küçük ölçekte yerleşim birimleri, kervansaray ve tarım alanları barındırmaktadır. Çukur doldurma işlemi uygulanarak düzleştirme yapılabilmekte ve yapılan bu işlem gölgeleme yöntemini etkilemektedir. Fakat yapılan bu düzleştirme işleminin miktarı büyüktür. Daha az miktarda yapılacak olan bir çukur doldurma işlemi gölgeme açısından daha olumlu bir sonuç sağlamaktadır.



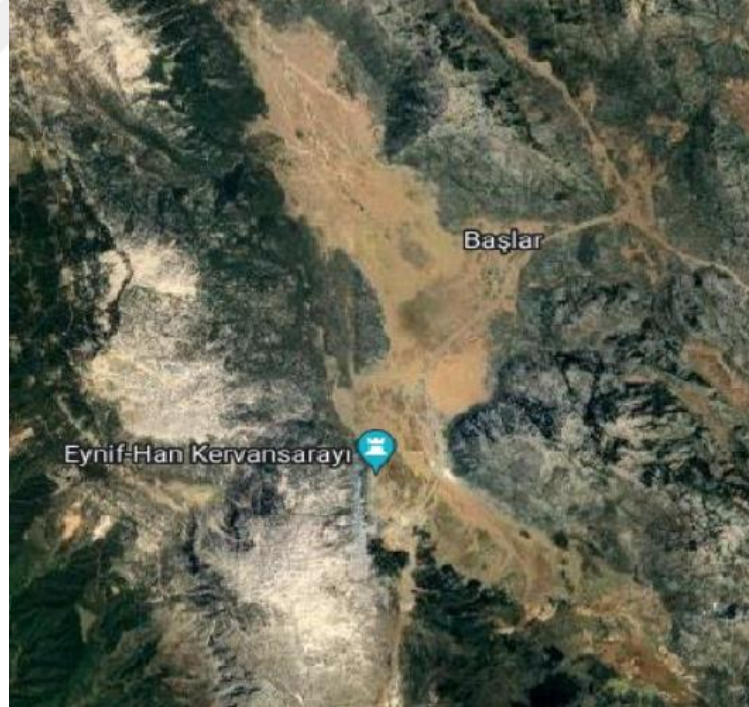
Şekil 4.58: Şekil 4.57’den alınan farkların büyük olduğu bir alana ait kesit



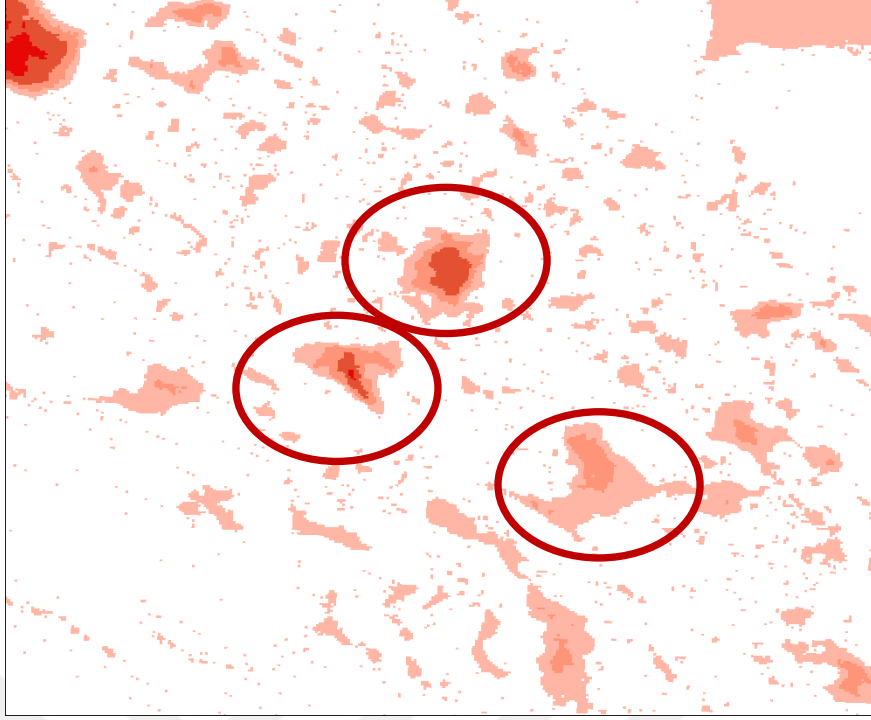
Şekil 4.59: Veriye sadece gölgeleme yönteminin uygulanması



Şekil 4.60: Veriye önce çukur doldurma daha sonra gölgeme yöntemi uygulanması

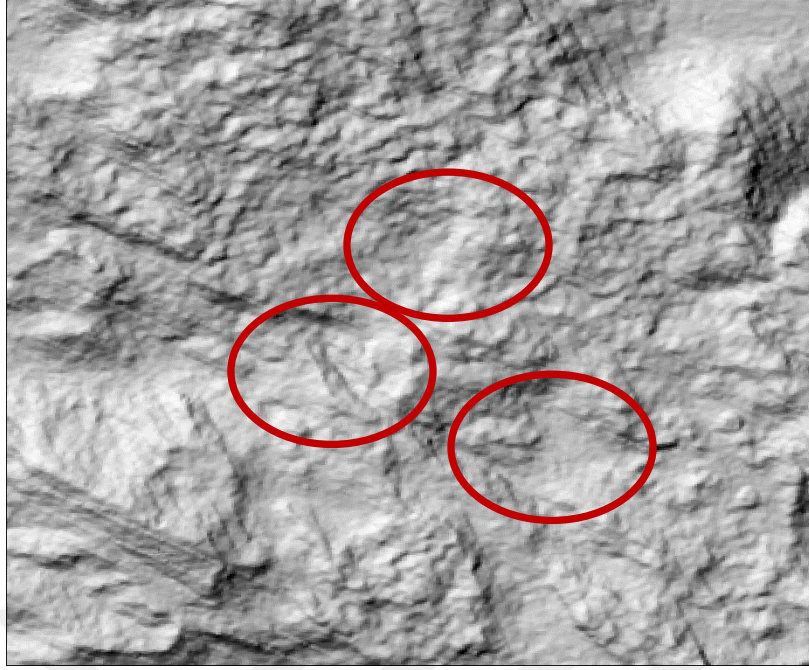


Şekil 4.61: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan

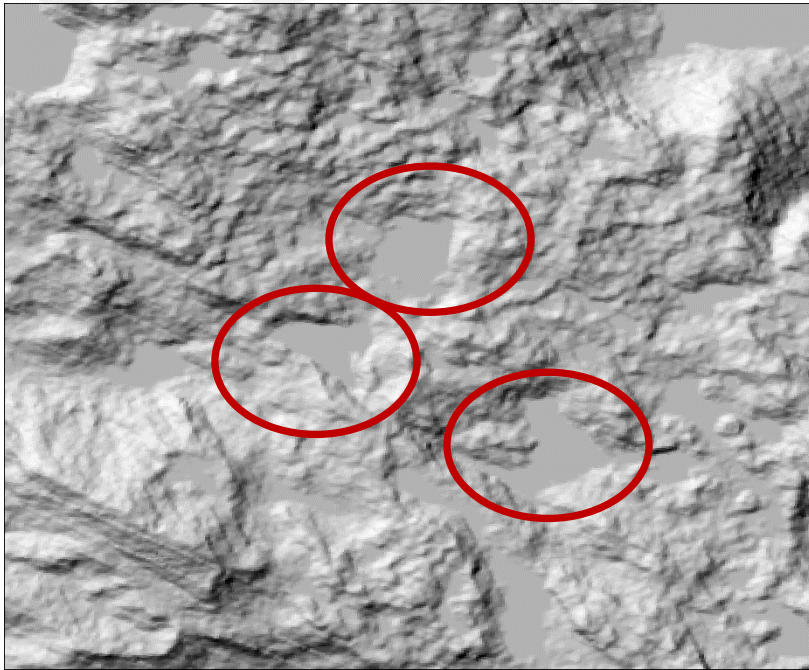


Şekil 4.62: Şekil 4.57'den farkların küçük alanlar kapsadığı yerlerden alınan bir kesit

Şekil 4.62'de kapladığı alan bakımından daha küçük ve parçalı, farkların ise orta düzeyde olduğu yerlerden bir kesit alınarak buradaki değişimler incelenmiştir. Şekil 4.63 ve Şekil 4.64 çukur doldurma işlemi öncesinden ve sonrasında uygulanan gölgeleme uygulamalarını göstermektedir.

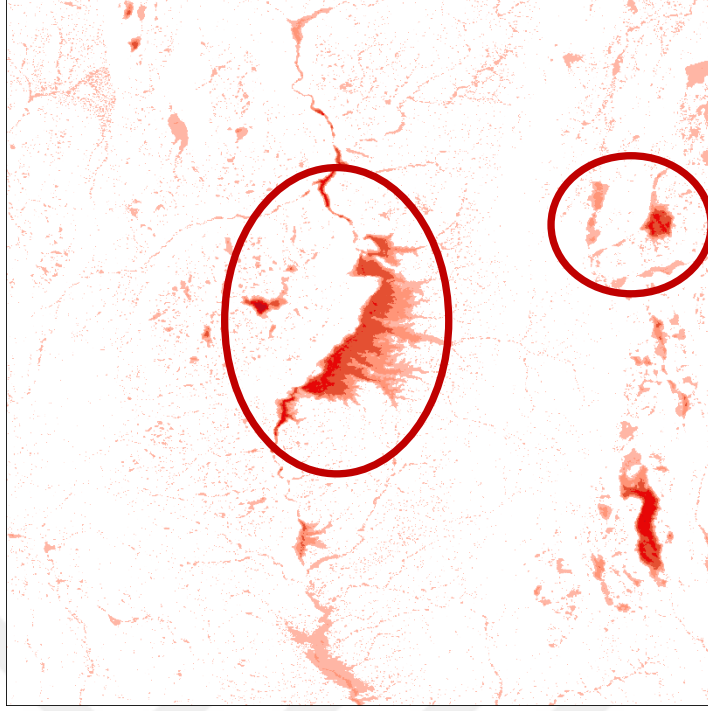


Şekil 4.63: Veriye sadece gölgeleme yönteminin uygulanması



Şekil 4.64: Veriye önce çukur doldurma daha sonra gölgeme yöntemi uygulanması

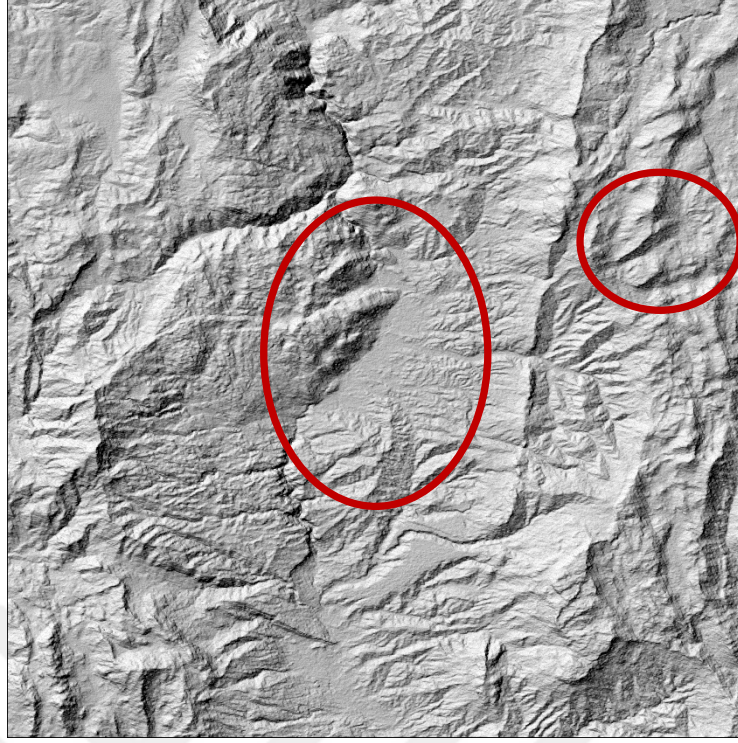
Google uydu haritasından elde edilen görüntüden kırmızı daire içindeki yerlerin ufak su topluluklarını içeren alanlar olduğu anlaşılmıştır. Böyle bir alana çukur doldurma işlemi uygulandığı zaman havza problemlerinin çözümü için iyi bir sonuç elde edilebilmektedir. Fakat bu alanda uygulanan çukur doldurma işlemi gölgeleme açısından olumsuzdur.



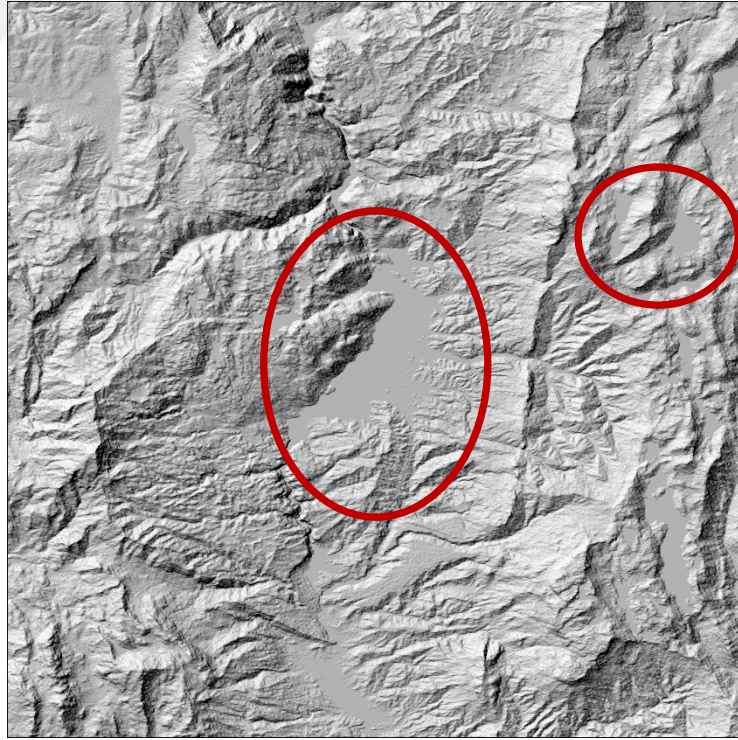
Şekil 4.65: Şekil 4.57'deki fark alanlarından bir kesit

Şekil 4.65'te kırmızı daire içinde gösterilen alan farkların yüksek denilebilecek miktarda olan bir kısmını içermektedir. Özellikle Şekil 4.65'te yer alan koyu kırmızı alanlar bir çay ve uzantısına denk gelmektedir. Şekil 4.66 ve Şekil 4.67 gölgeleme açısından karşılaştırıldığında su kütlelerini içeren alanlarda (deniz hariç) çukur doldurma işleminin uygulanması gölgeleme açısından olumsuzdur. Fakat su akış yönü bulma gibi işlemler için olumludur.

Şekil 4.65'te küçük kırmızı daire içindeki alan ise sera alanları, güneş enerji santralleri gibi yapılar barındırmaktadır. Bu tarz alanlarda çukur doldurma işlemi uygulandığında gölgeleme yöntemi olumlu etkilenmektedir. Fakat bu işlem için Fill Sinks xxl yerine daha küçük miktarda düzleştirme işlemi uygulayan bir başka çukur doldurma algoritması seçilmesi veya Fill Sinks xxl'in uyguladığı düzleştirme miktarının azaltılması gerekmektedir.



Şekil 4.66: Veriye sadece gölgeleme yönteminin uygulanması

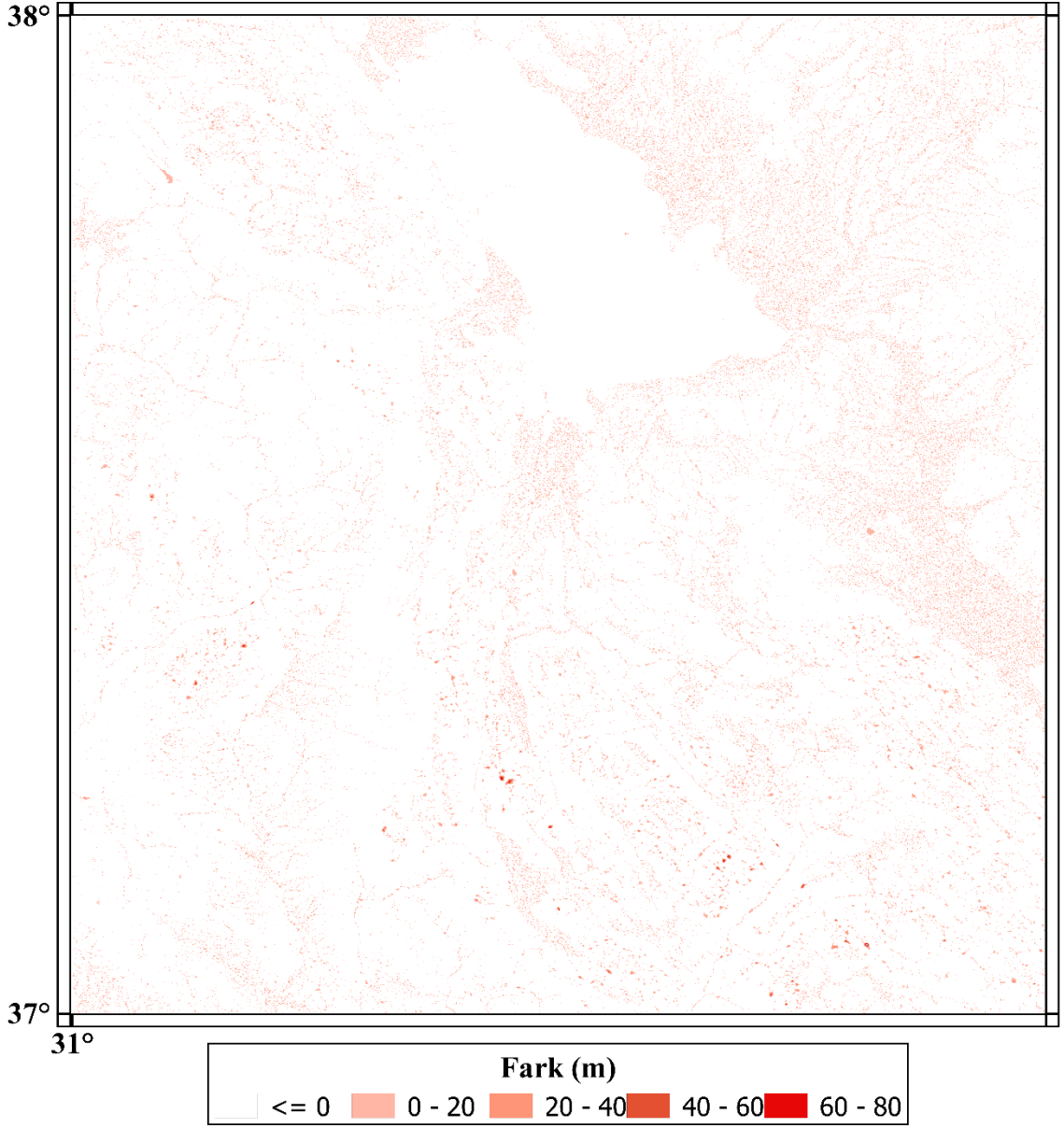


Şekil 4.67: Veriye önce çukur doldurma daha sonra gölgeme yöntemi uygulanması



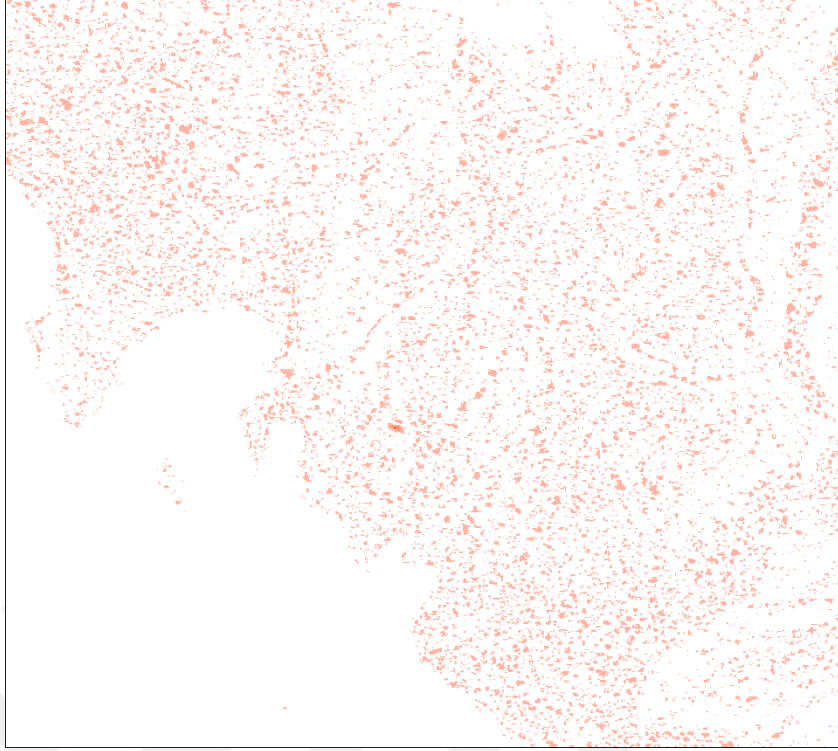
Şekil 4.68: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan

4.3.3. Uygulama 9



Şekil 4.69: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

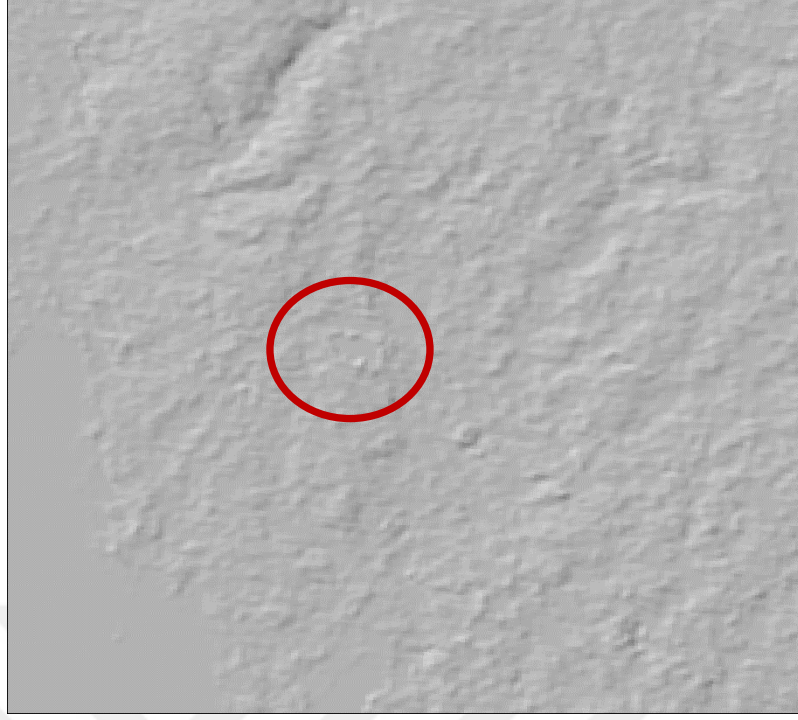
Şekil 4.69 r.fill.dir algoritması kullanılarak elde edilen fark haritasıdır. Şekil 4.70’de bu fark haritasından alınan bir kesit gösterilmiştir. Şekil 4.71 ve Şekil 4.72 arasında gölgeleme açısından karşılaştırma yapıldığı zaman kırmızı daire içinde gösterilen alanda belirgin bir değişim olduğu görülmektedir. Değişimin nedeni bu alanda bir fabrikanın yer almasıdır. Değişim sadece kırmızı daire içindeki alanı kapsamamaktadır. Şekil 4.70’de gösterilen pembe noktalı yerlerin tamamında çukur doldurma işlemi uygulanmıştır. Fakat burada gölgelendirme açısından farkın en iyi görülebildiği nokta alınmaya çalışılmıştır.



Şekil 4.70: Şekil 4.69'da farkların belirgin olduğu bölgelerden alınan bir kesit



Şekil 4.71: Veriye sadece gölgeleme yönteminin uygulanması



Şekil 4.72: Veriye önce çukur doldurma daha sonra gölgeme yöntemi uygulanması



Şekil 4.73: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan

Çizelge 4.8’de Bölge 2’ye ait ASTER verisi için kullanılan çukur doldurma algoritmaları ile elde edilen farkların istatistiksel değerleri yer almaktadır. Düzleştirme işlemi uygulanan en büyük fark değeri 179,88 m ile Fill Sinks xxl olurken en küçük fark değeri 107,0 m ile r.fill.dir olmuştur. Farklara ait en büyük ortalama değer ve standart sapma ise yine Fill Sinks xxl algoritmasının kullanılması ile elde edilmiştir.

Bu bölgede gölgeleme açısından en iyi sonuç Fill Sinks (wang&liu)’dan daha sonra ise r.fill.dir’den alınmıştır. Bölge 1’e kıyasla r.fill.dir algoritması Bölge 2’de gölgeleme açısından daha iyi bir sonuç vermiştir. Fill Sinks xxl algoritmasının uyguladığı düzleştirme miktarı bu bölge için oldukça fazladır. Bu algoritma kullanılarak gölgeleme öncesi çukur doldurma işleminin uygulanması gölgelemeyi olumsuz etkilemiştir.

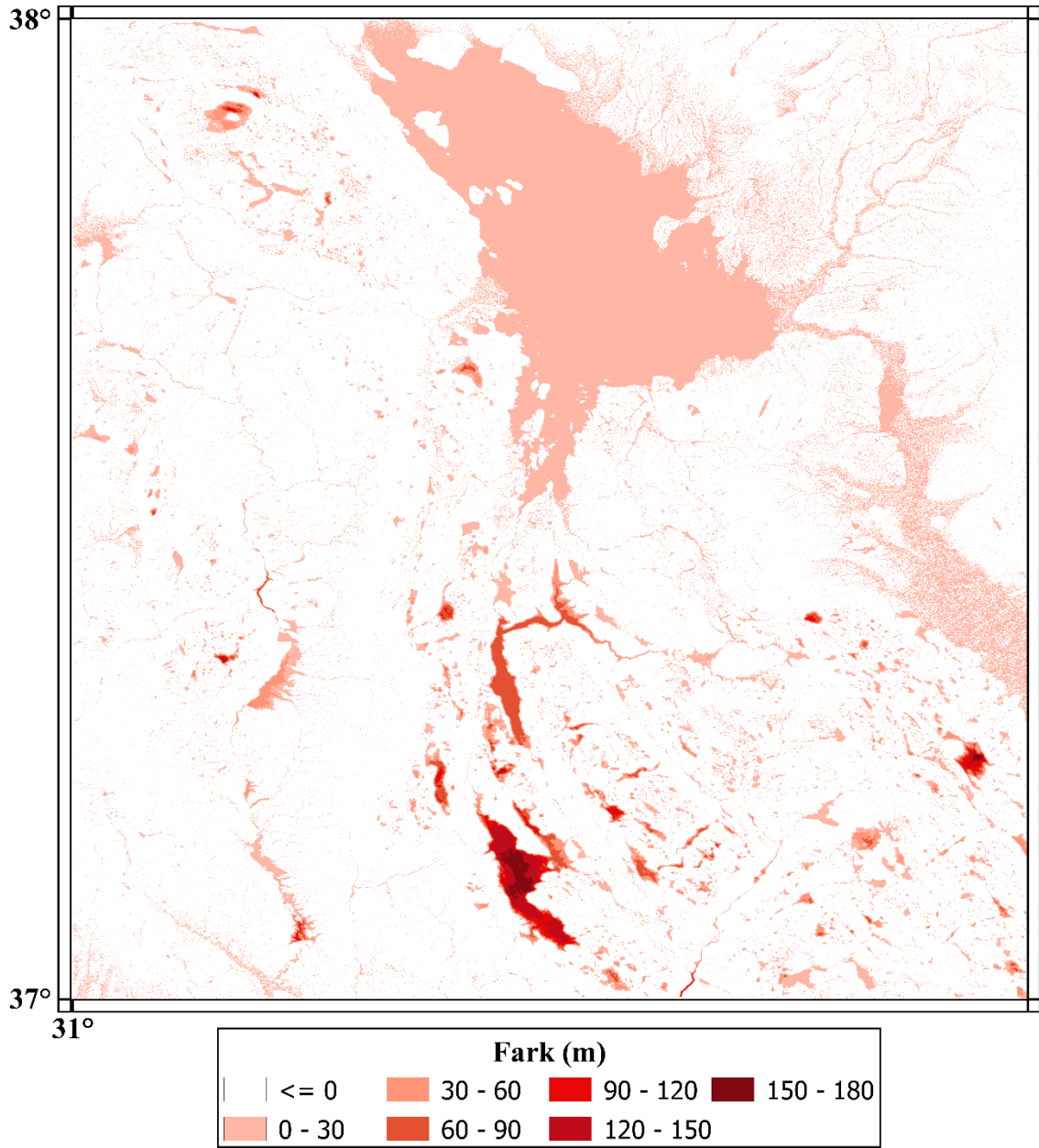
Çizelge 4.8: Bölge 2 (ASTER) verisi kullanılarak elde edilen farklara ait istatistiksel değerler

UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Uygulama 7	175,35	2,22	10,75
Uygulama 8	179,88	8,66	21,62
Uygulama 9	107,0	0,12	1,13

4.4. Bölge 2 (SRTM)

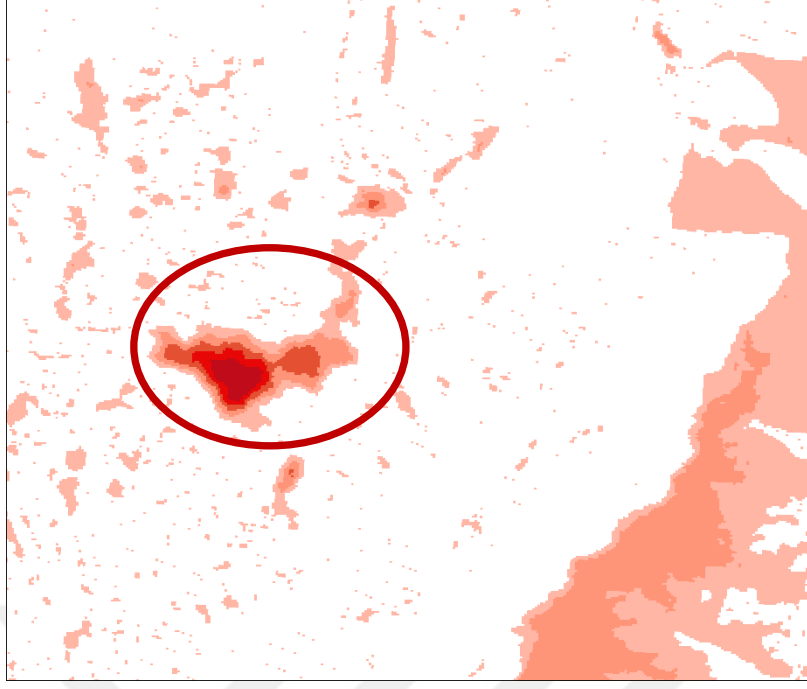
Bölge 2 için SRTM verisi kullanılarak Fiil Sinks (wang&liu), Fill Sinks xxl ve r.fill.dir algoritmaları ile çukur doldurma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra hem işlenmiş veriye hem de orijinal veriye gölgeleme işlemi uygulanarak incelemeler yapılmıştır.

4.4.1. Uygulama 10

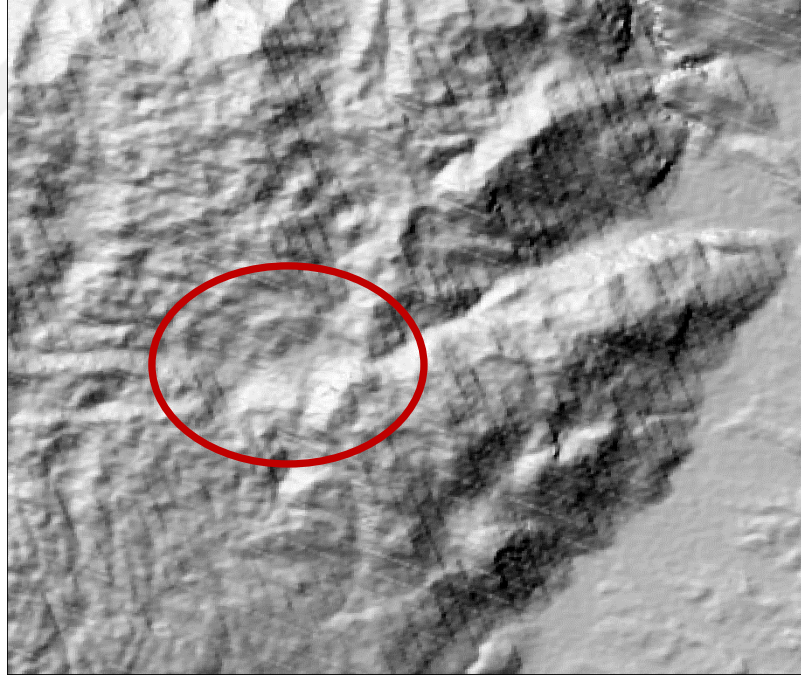


Şekil 4.74: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

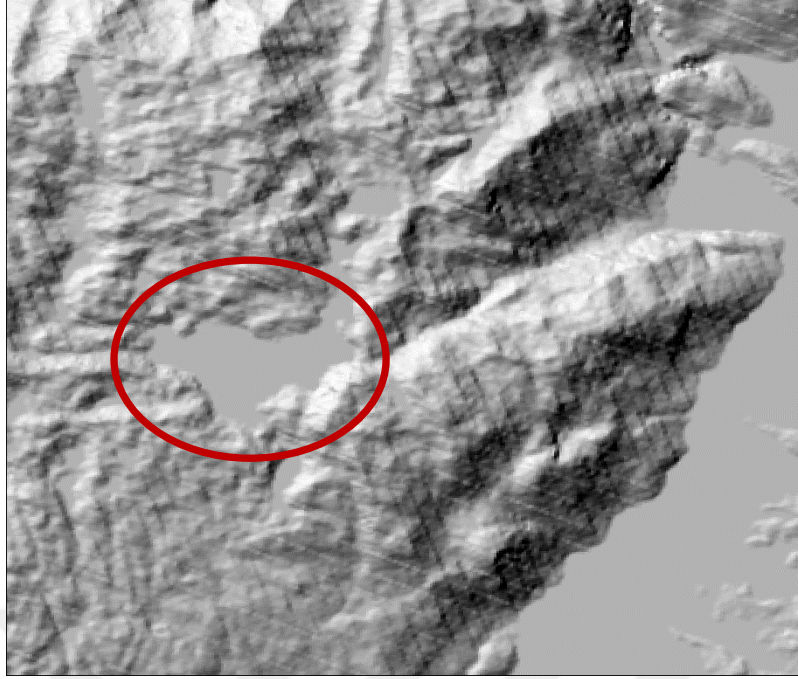
Şekil 4.74 Fill Sinks (wang&liu) algoritması uygulanarak elde edilmiştir. Bölge 2'ye ait ASTER verisi için alınan örnekler yerine SRTM verisinde farklı örnekler seçilmiştir. Şekil 4.75'te fark haritasından bir kesit belirtilmiştir.



Şekil 4.75: Şekil 4.74'te farkların belirgin olduğu bölgelerden alınan bir kesit



Şekil 4.76: Veriye sadece gölgeleme yönteminin uygulanması



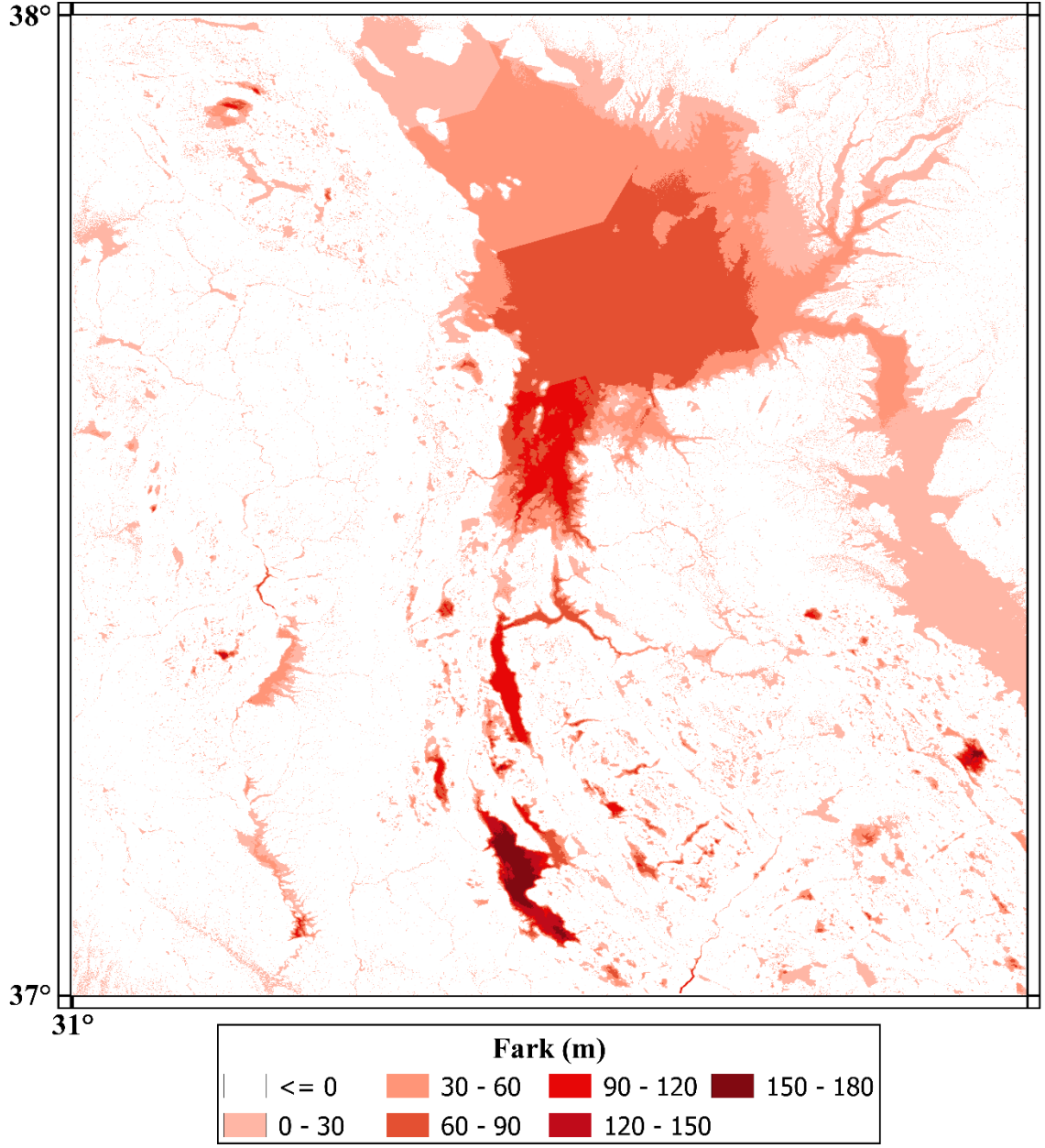
Şekil 4.77: Veriye önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemlerinin uygulanması

Şekil 4.77’de kırmızı daire içindeki alanın düzleştirilmiş olduğu görülmektedir. Bu alan nispeten düzlük bir alana karşılık gelmektedir. Alan içerisinde ağaçlık yerler mevcuttur. Veri toplanırken ağaçlardan dolayı bazı yerlerin yüksekliği olduğundan farklı algılanmış ve SYM hatalı elde edilmiştir. Dolayısıyla bu alanda çukur doldurma işleminin uygulanması gölgelemeyi olumlu yönde etkilemektedir.



Şekil 4.78: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan

4.4.2. Uygulama 11



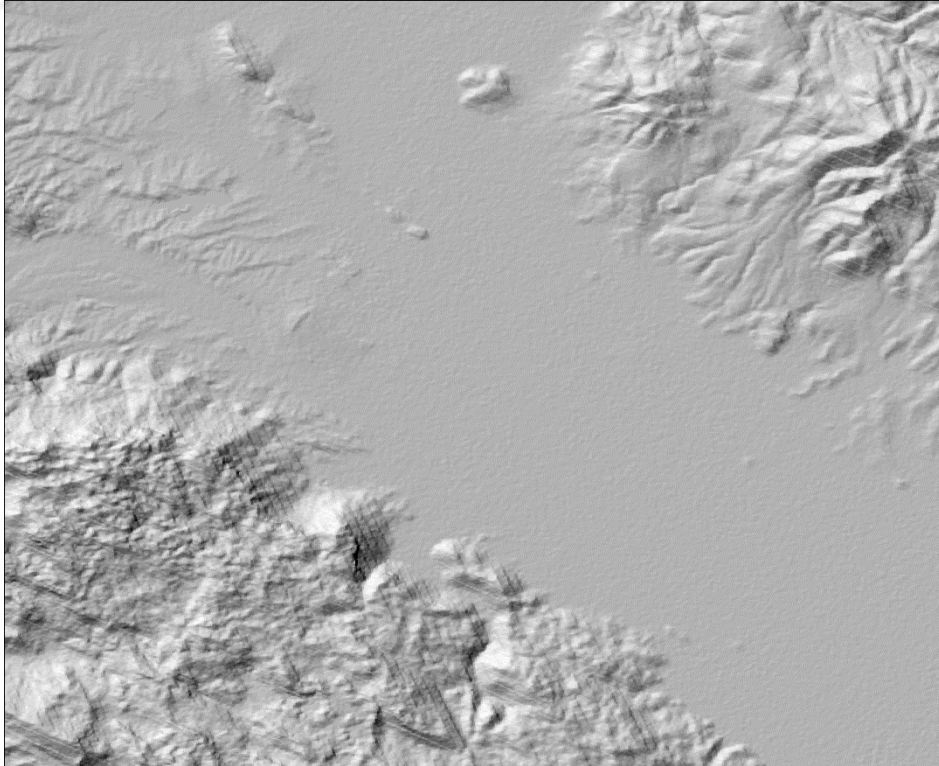
Şekil 4.79: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

Şekil 4.79 Fill Sinks xxl kullanılarak elde edilen fark haritasıdır. Şekil 4.80’de bu haritadan alınan bir örnek yer almaktadır. Şekil 4.81 ve Şekil 4.82’deki gölgeleme harita detaylı olarak incelendiğinde fark haritasındaki pembe alanlarda ufak çaplı değişimler olduğu görülmektedir. Bu değişimlerin sebebi SYM toplanırken ortaya çıkan rastgele hatalardan kaynaklanabilir. Bu da elde edilen gölgelemeyi etkilemektedir. Bu alana Google uydu haritasından da bakıldığı zaman alan içerisinde yollar, su kanalları, tarım

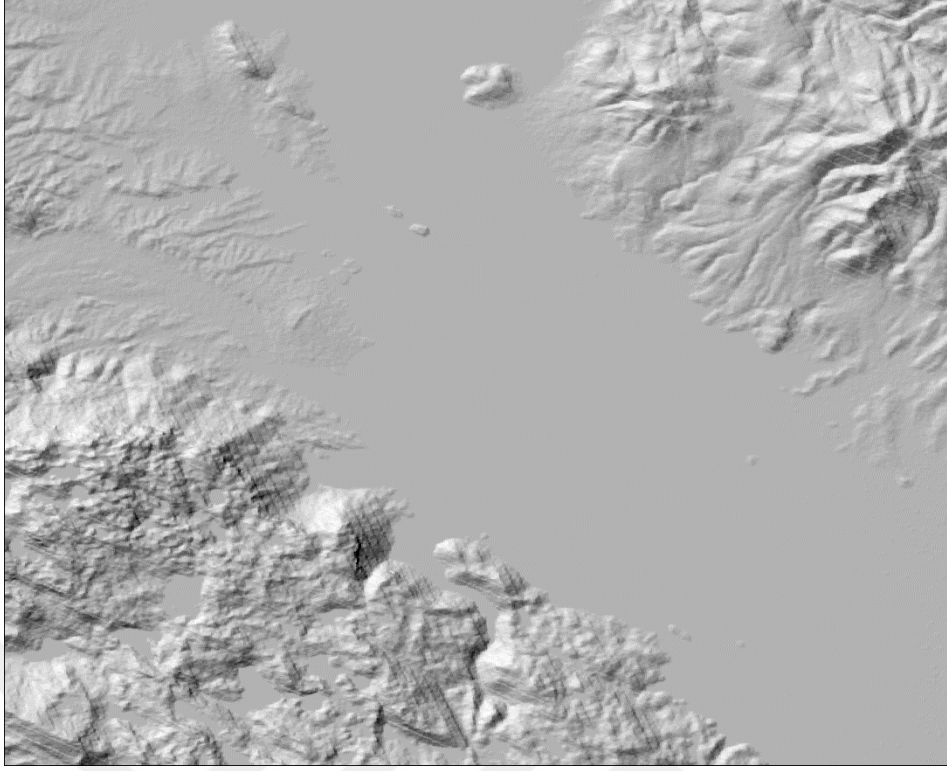
alanları, dağınık yerleşim alanları olduğu görülmektedir. Burada çukur doldurma algoritmasının kullanılması gölgelemeyi olumlu etkilemektedir.



Şekil 4.80: Şekil 4.79’da yer alan farkları içeren alanlardan bir kesit



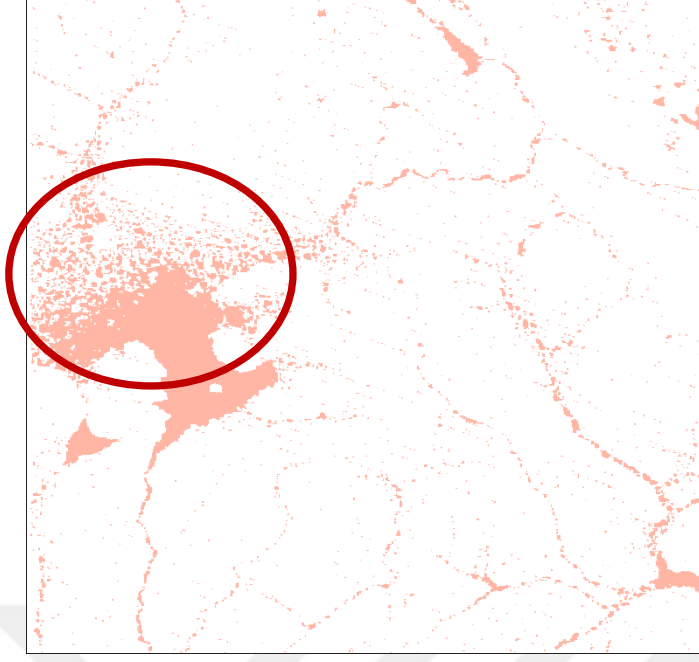
Şekil 4.81: Verinin yalnızca gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



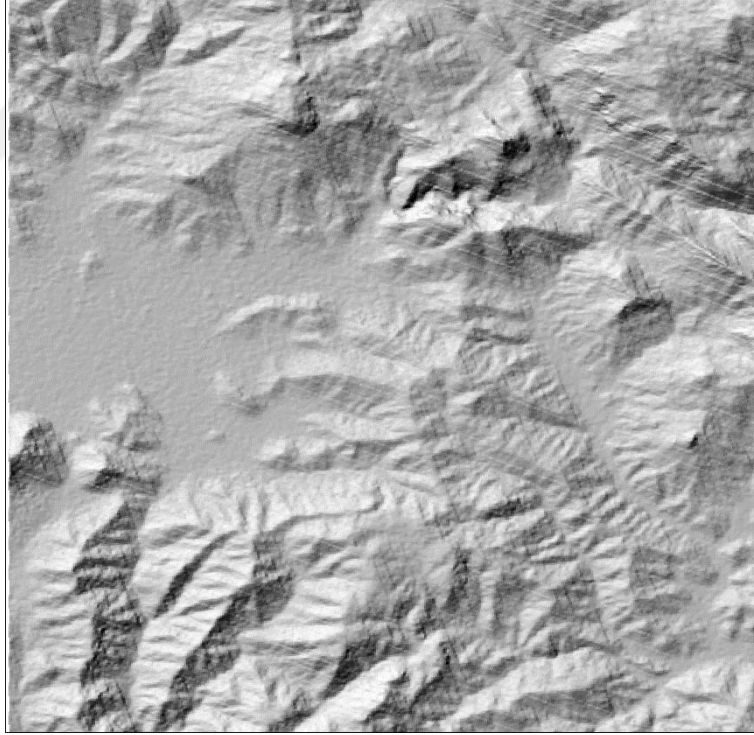
Şekil 4.82: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



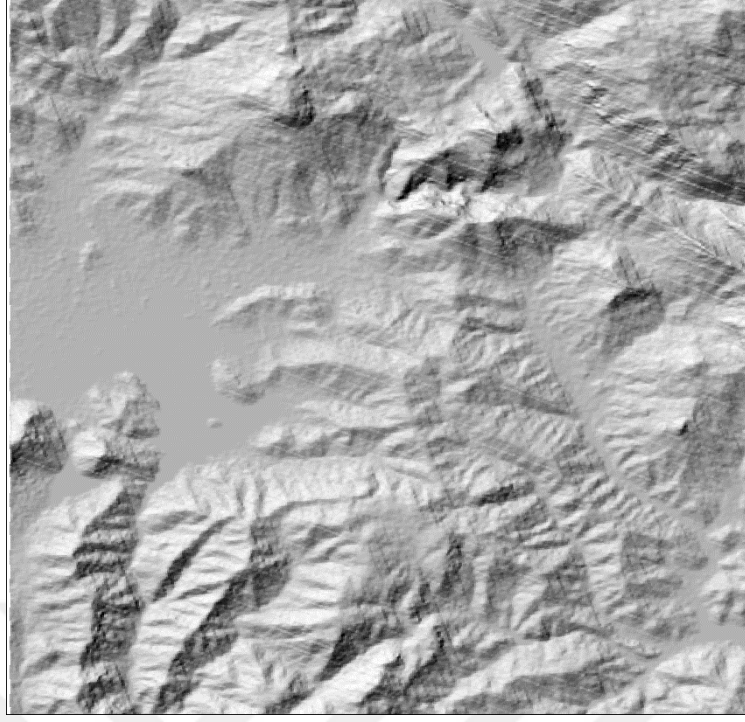
Şekil 4.83: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan



Şekil 4.84: Fill Sinks xxl ile yapılan fark haritasından başka bir örnek

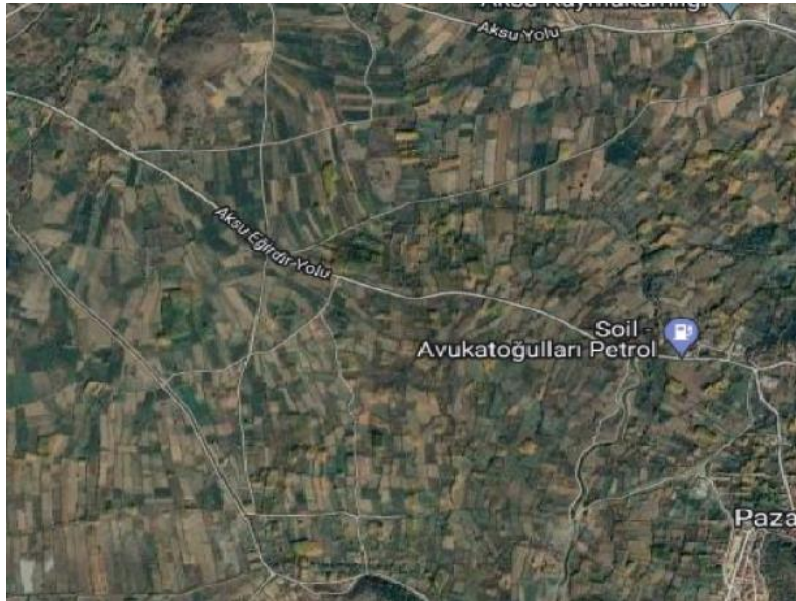


Şekil 4.85: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



Şekil 4.86: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

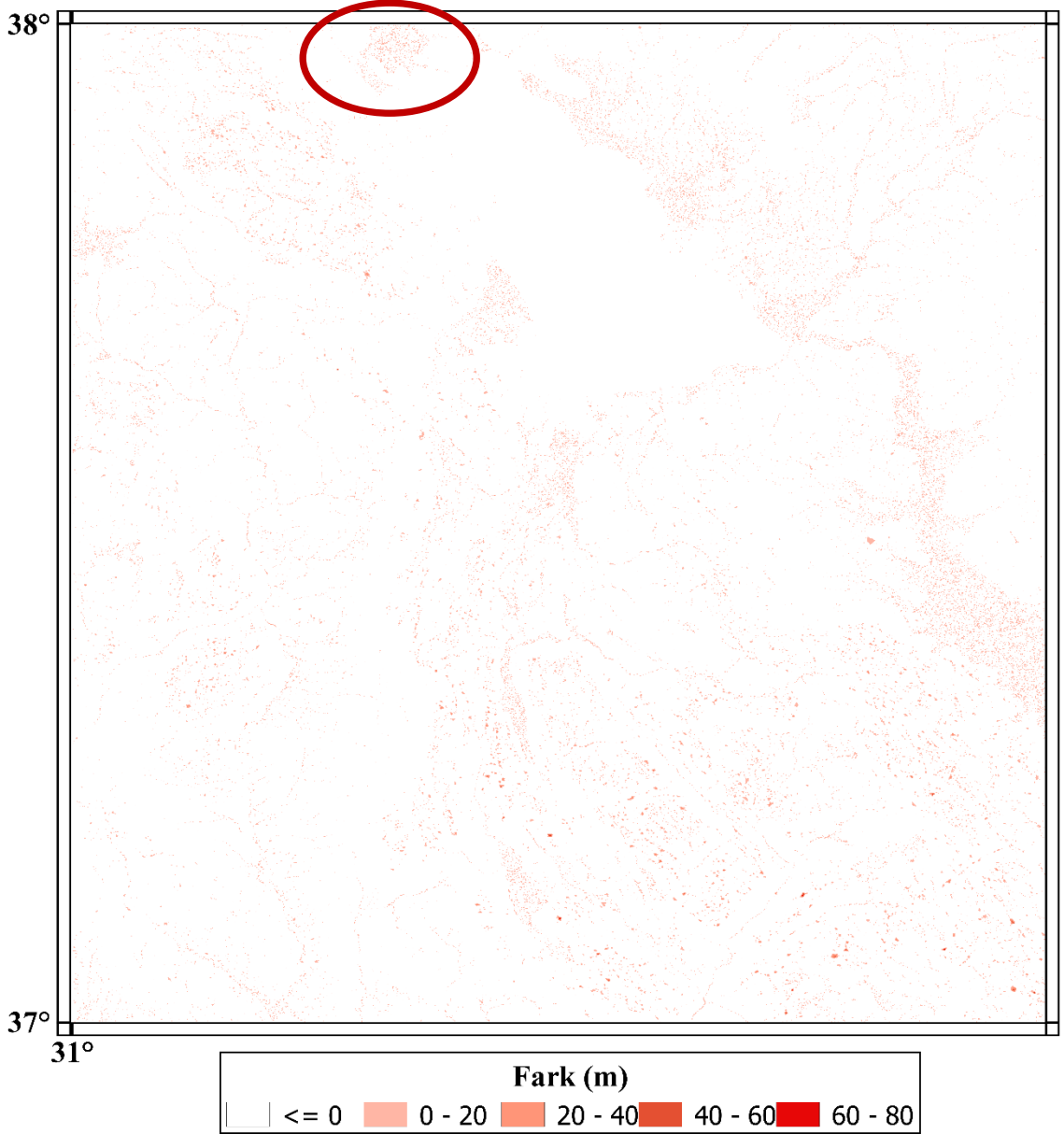
Şekil 4.85 ve Şekil 4.86 kıyaslandığı zaman kırmızı daire içindeki alanda bir değişim söz konusudur. Bu değişim çok net olmamakla birlikte dikkatli inceleme yapıldığı zaman ya da alan üzerinde yakınlaştırma işlemi uygulandığında daha net görülebilmektedir.



Şekil 4.87: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan

Şekil 4.87'deki alan içerisinde yollar, su kanalları ve büyük çapta yer kaplayan tarım alanları olduğu görülmektedir. Bu alanda çukur doldurma işleminin uygulanması gölgelemeyi olumlu etkilemektedir.

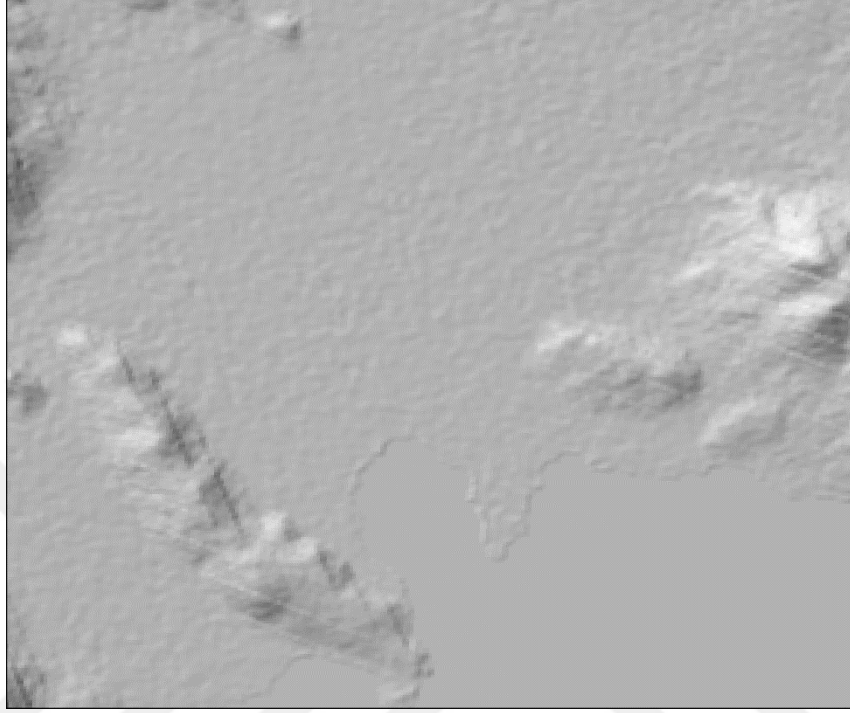
4.4.3. Uygulama 12



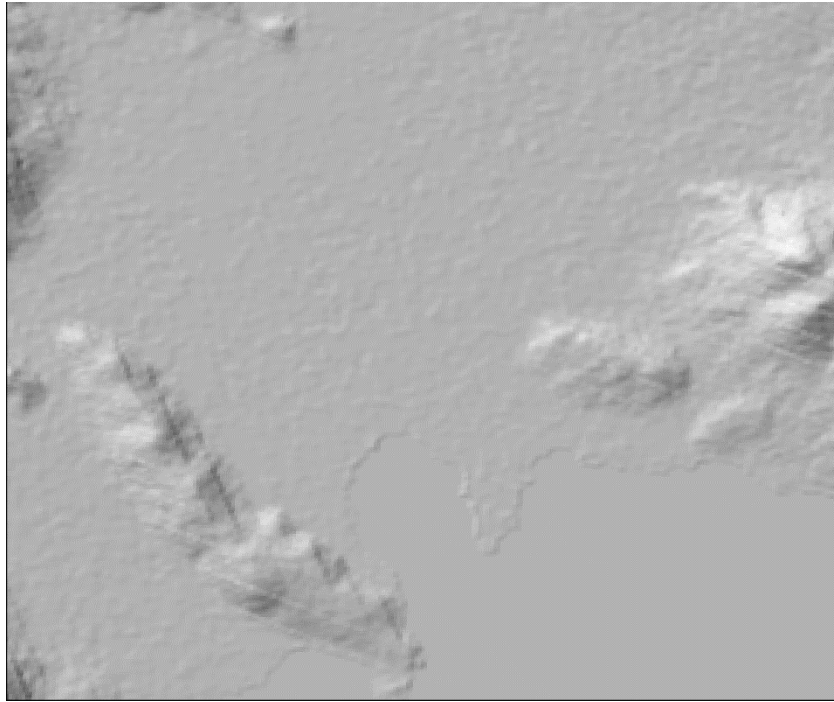
Şekil 4.88: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

Şekil 1.88'de r.fill.dir çukur doldurma algoritmasının kullanılması sonucu elde edilen işlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark yer almaktadır. Şekil 4.88'de kırmızı daire içinde gösterilen bir alan örnek olarak seçilmiştir.

Buradaki değişim şekil 4.89 ve şekil 4.90 arasında karşılaştırma yapılarak incelenmiş ve çok küçük değişimler olduğu gözlemlenmiştir. Bu alan için çukur doldurma algoritmasının kullanılması ile gölgeleme üzerinde net bir etki gözlemlenememiştir.



şekil 4.89: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



şekil 4.90: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



Şekil 4.91: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan

Çizelge 4.9’da Bölge 2’ye ait SRTM verisinde çukur doldurma işlemi için kullanılan 3 farklı algoritma ile elde edilen fark değerlerine ait istatistiksel değerler yer almaktadır. Farka ait en büyük değer 171,58 m ile Fill Sinks xxl’de görülürken farka ait en küçük değer 81,0 m ile r.fill.dir’de görülmüştür. Aynı şekilde ortalama fark değeri ve standart sapması en büyük olan Fill Sinks xxl algoritması olurken ortalama fark değeri ve standart sapması en küçük r.fill.dir olmuştur. Gölgeleme açısından en iyi sonuç Fill Sinks (wang&liu) kullanılarak elde edilmiştir. Fill Sinks xxl’in kullanılması bazı alanlarda gölgeleme üzerinde olumlu etki göstermiştir. Fakat bu durum bölgenin tamamı için geçerli değildir. Son olarak r.fill.dir algoritmasının kullanılması gölgeleme üzerinde bir değişim ortaya koymuştur fakat bu değişim net olarak gözlemlenememektedir.

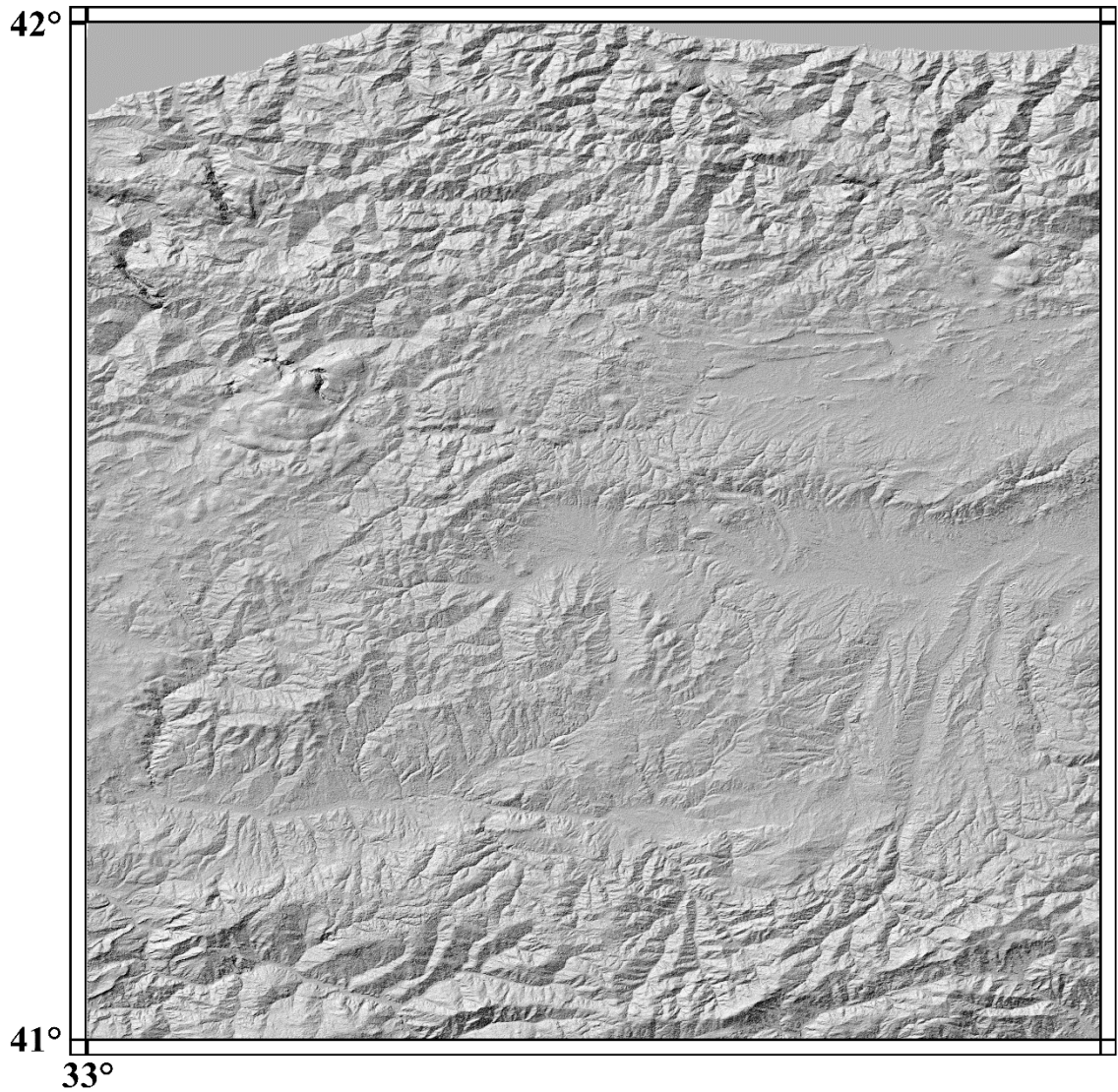
Çizelge 4.9: Bölge 2 (SRTM) verisi kullanılarak elde edilen farklara ait istatistiksel değerler

UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Uygulama 10	168,35	2,30	11,10
Uygulama 11	171,58	8,79	22,09
Uygulama 12	81,0	0,06	0,84

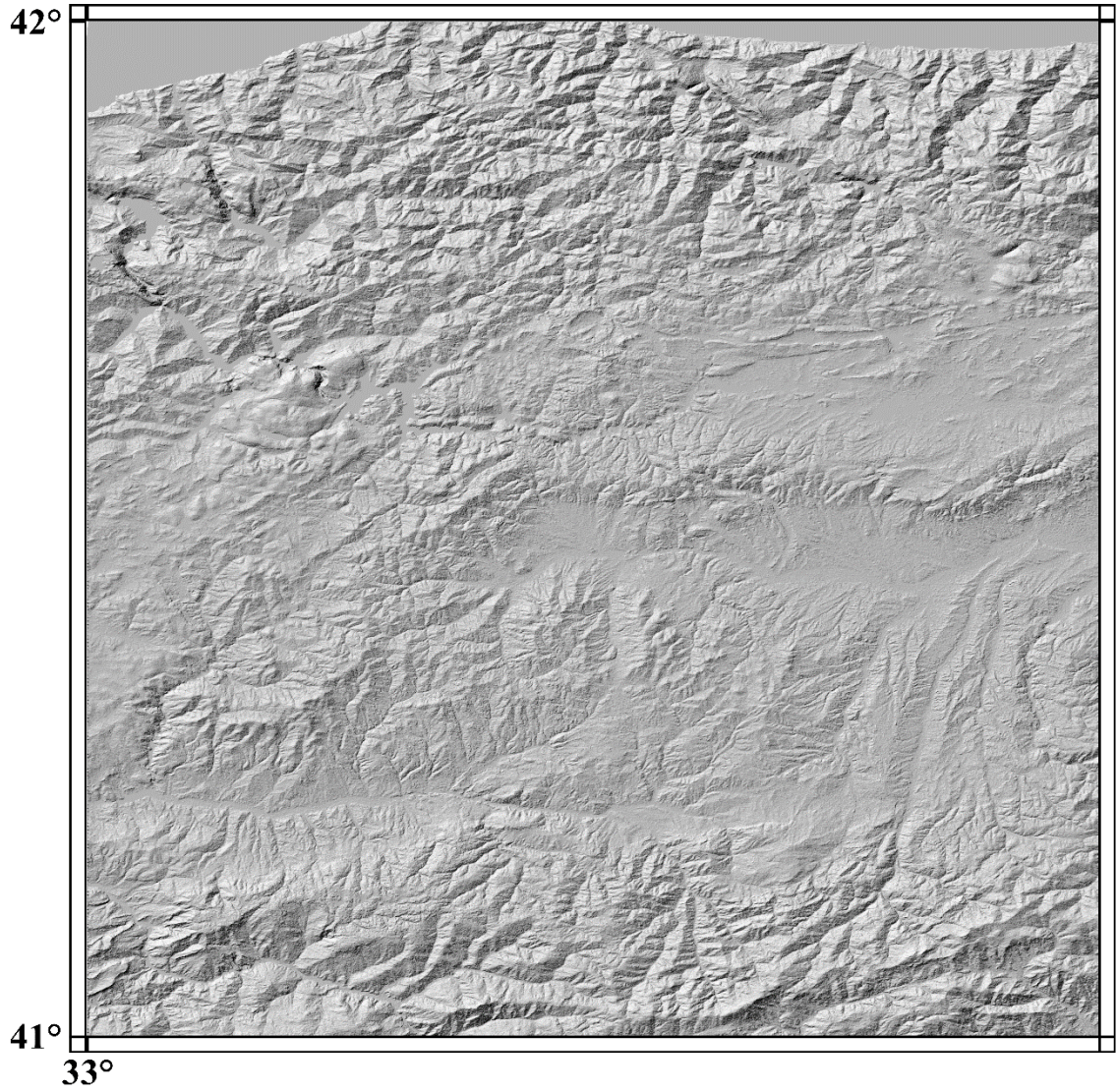
4.5 Bölge 3 (ASTER)

Bölge 3 için ASTER verisi kullanılarak Fiil Sinks (wang&liu), Fill Sinks xxl ve r.fill.dir algoritmaları ile çukur doldurma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra hem işlenmiş veriye hem de orijinal veriye gölgeleme işlemi uygulanarak incelemeler yapılmıştır.

4.5.1. Uygulama 13

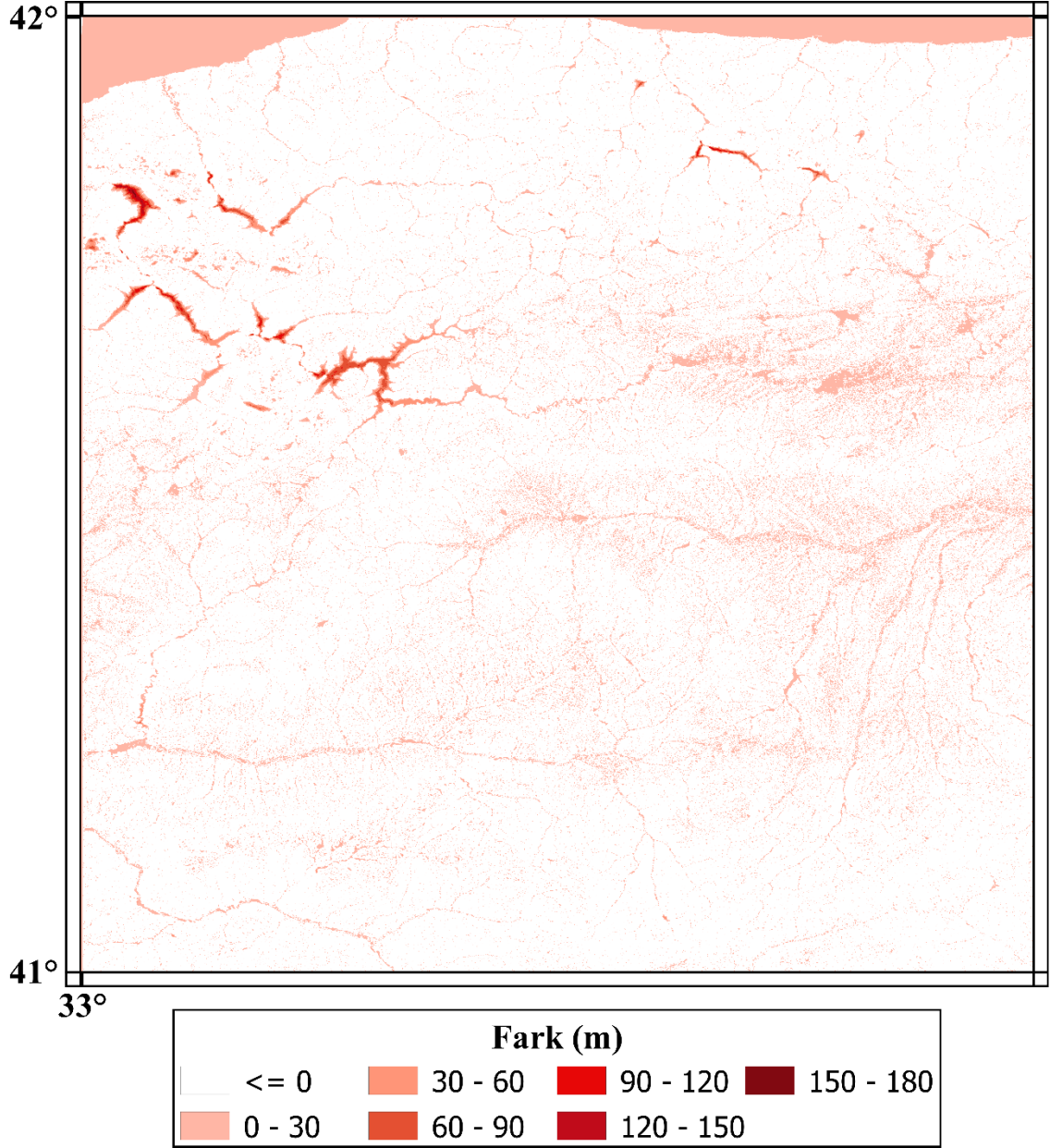


Şekil 4.92: Veriye sadece gölgeleme yöntemi uygulanarak elde edilen harita



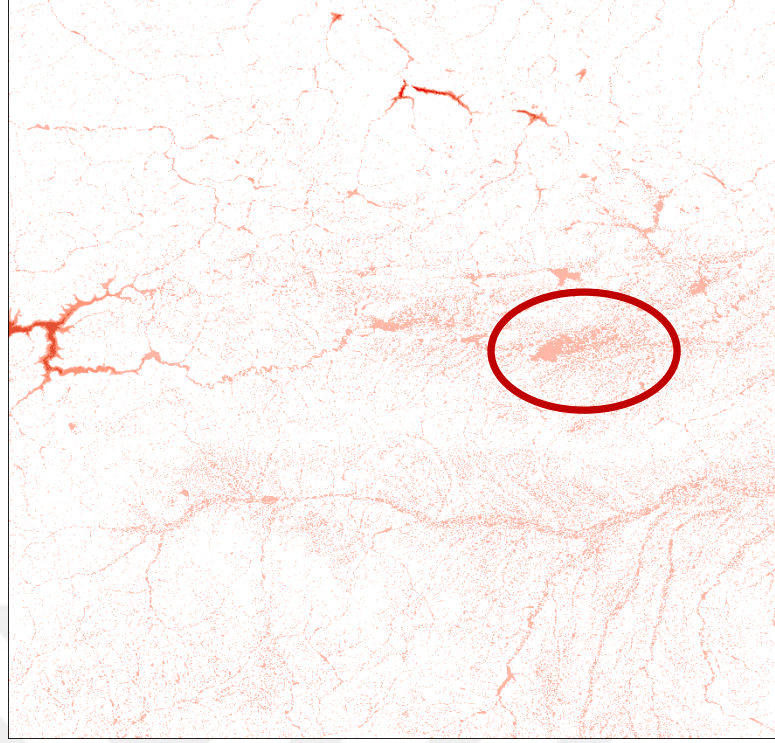
Şekil 4.93: Veriye önce çukur doldurma işlemi daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanarak elde edilen harita

Çukur doldurma işlemi Fill Sinks (wang&liu) kullanılarak yapılmıştır. Şekil 4.92 orijinal veri ile elde edilen gölgeleme ve Şekil 4.93'te işlenmiş veri ile elde edilen gölgeleme yer almaktadır. Raster analiz sonucu elde edilen fark haritası Şekil 4.94'te gösterilmiştir.



Şekil 4.94: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

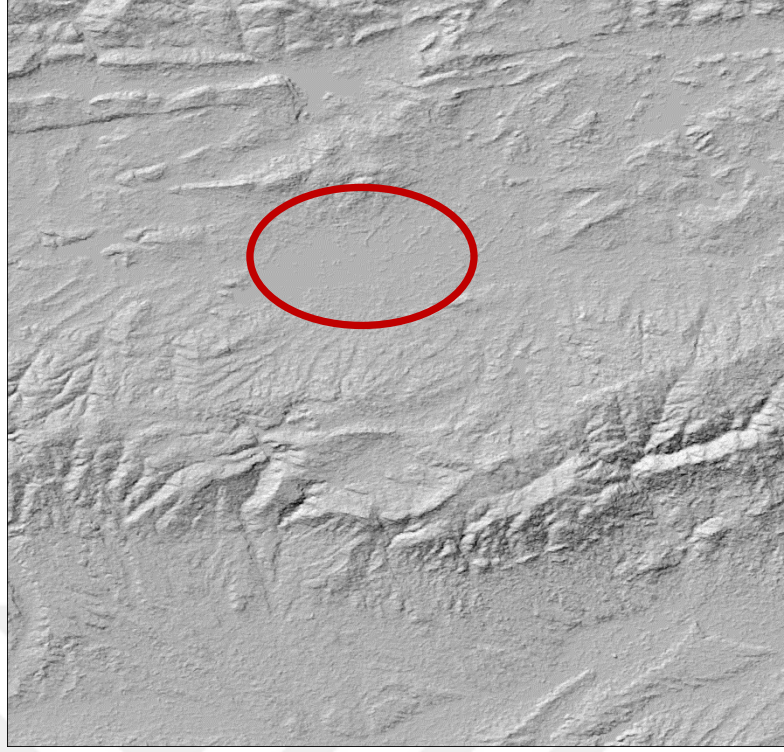
Şekil 4.95'te fark haritasından alınan bir örnek yer almaktadır. Şekil 4.96 ve Şekil 4.97 gölgeleme açısından kıyaslandığında belli farklılıklar içerdiği görülebilmektedir. Farkın en net görülebildiği alan kırmızı daire içerisinde gösterilmiştir. Alan üzerine yakınlaştırma işlemi yapıldığı zaman gölgeleme açısından daha iyi sonuçlar elde edildiği görülebilmektedir. Bu alanda küçük çaplı yerleşim birimleri, tarım alanları vs. yer almaktadır. Çukur doldurma işlemi uygulanması gölgelemeyi olumlu etkilemektedir.



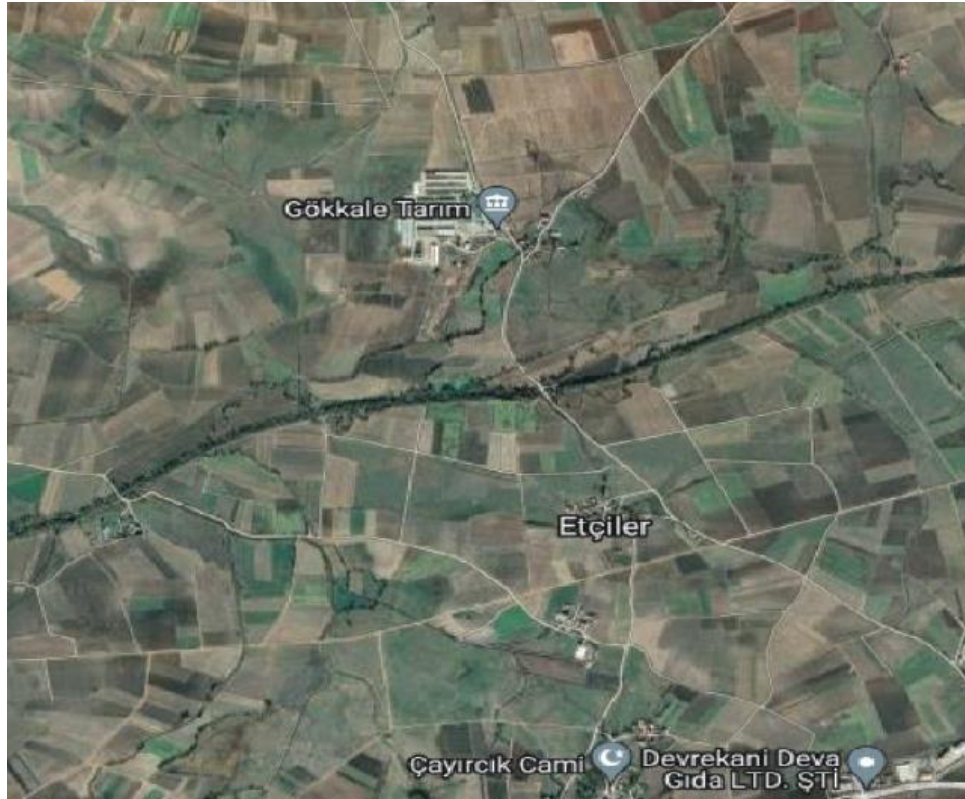
Şekil 4.95: Fill Sinks (wang&liu) ile elde edilen fark haritasından bir kısım



Şekil 4.96: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

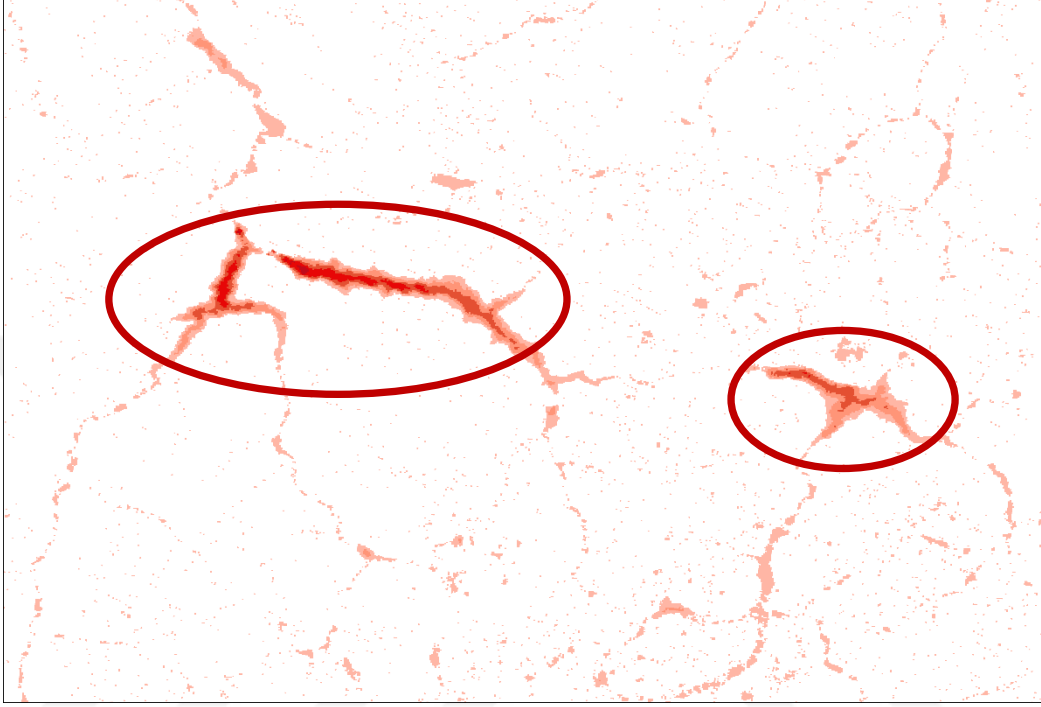


Şekil 4.97: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

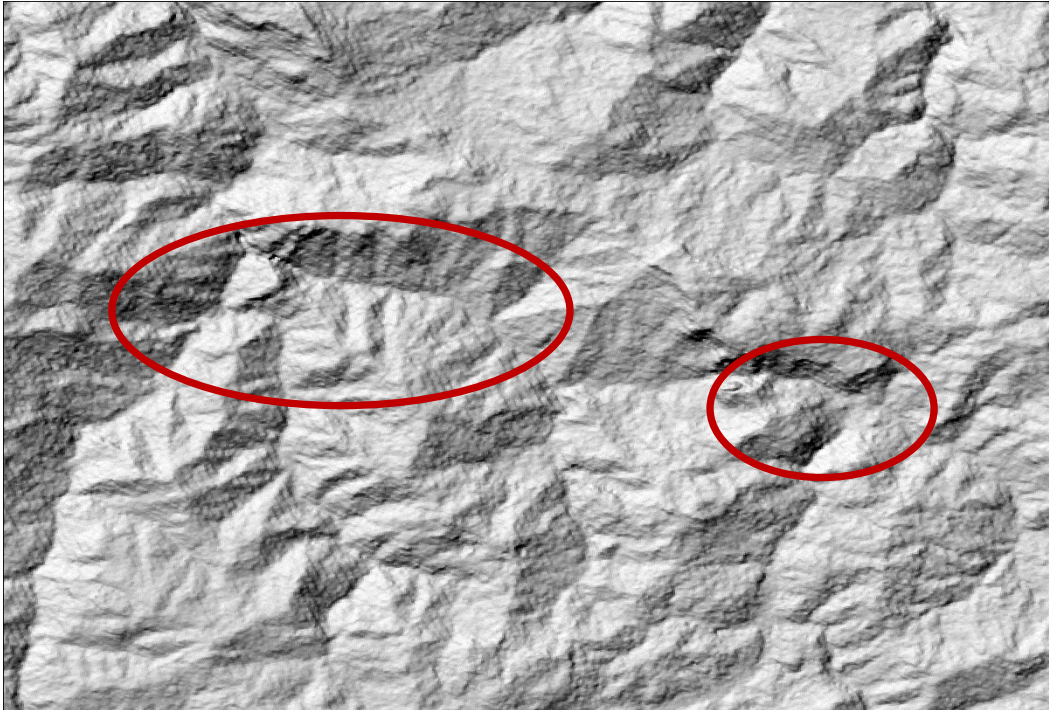


Şekil 4.98: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan

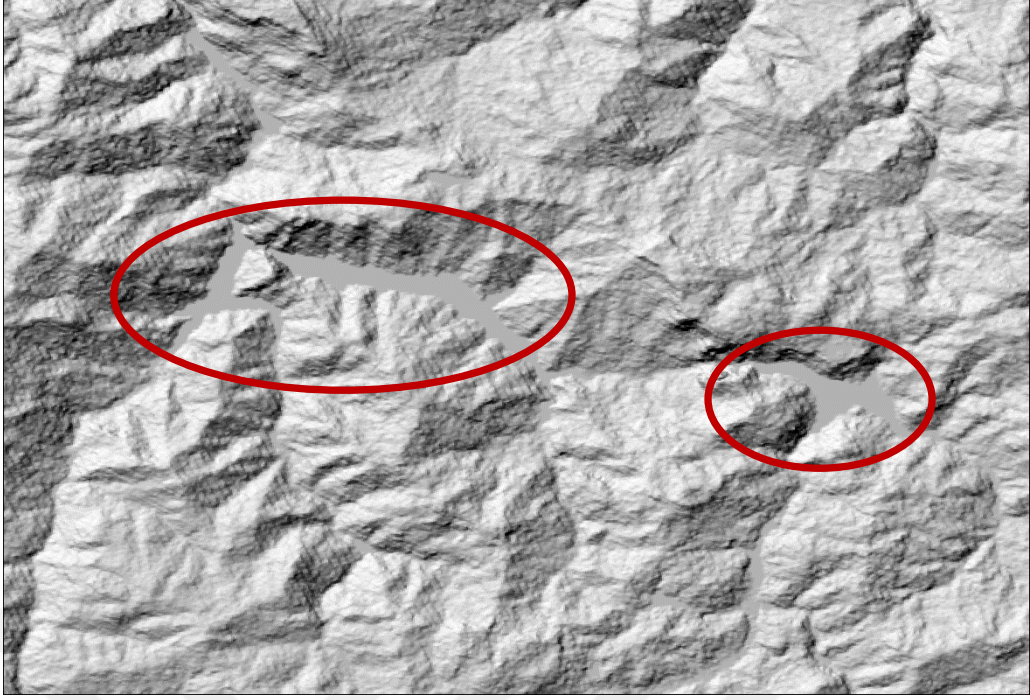
Şekil 4.99’da fark haritasından bir başka örnek yer almaktadır. Şekil 4.100 çukur doldurma işlemi öncesi gölgeleme ve Şekil 4.101 çukur doldurma işlemi sonrası gölgeleme uygulamalarını içermektedir. Bu örnekte kırmızı daire içinde iki farklı alan incelenmiştir.



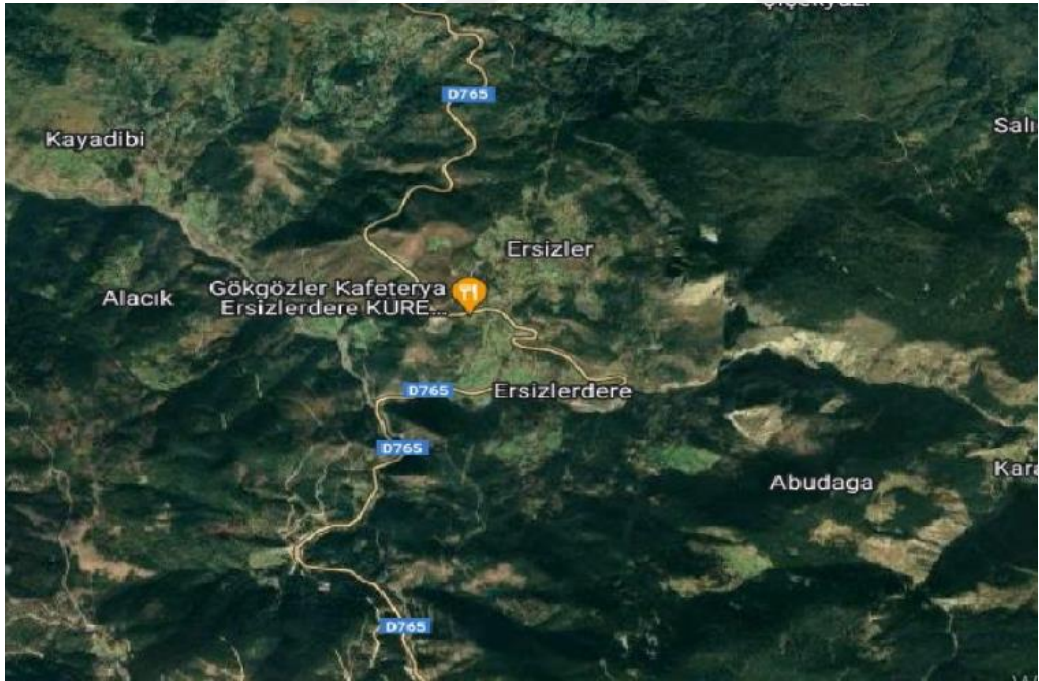
Şekil 4.99: Fill Sinks (wang&liu) ile elde edilen fark haritasından bir kısım



Şekil 4.100: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



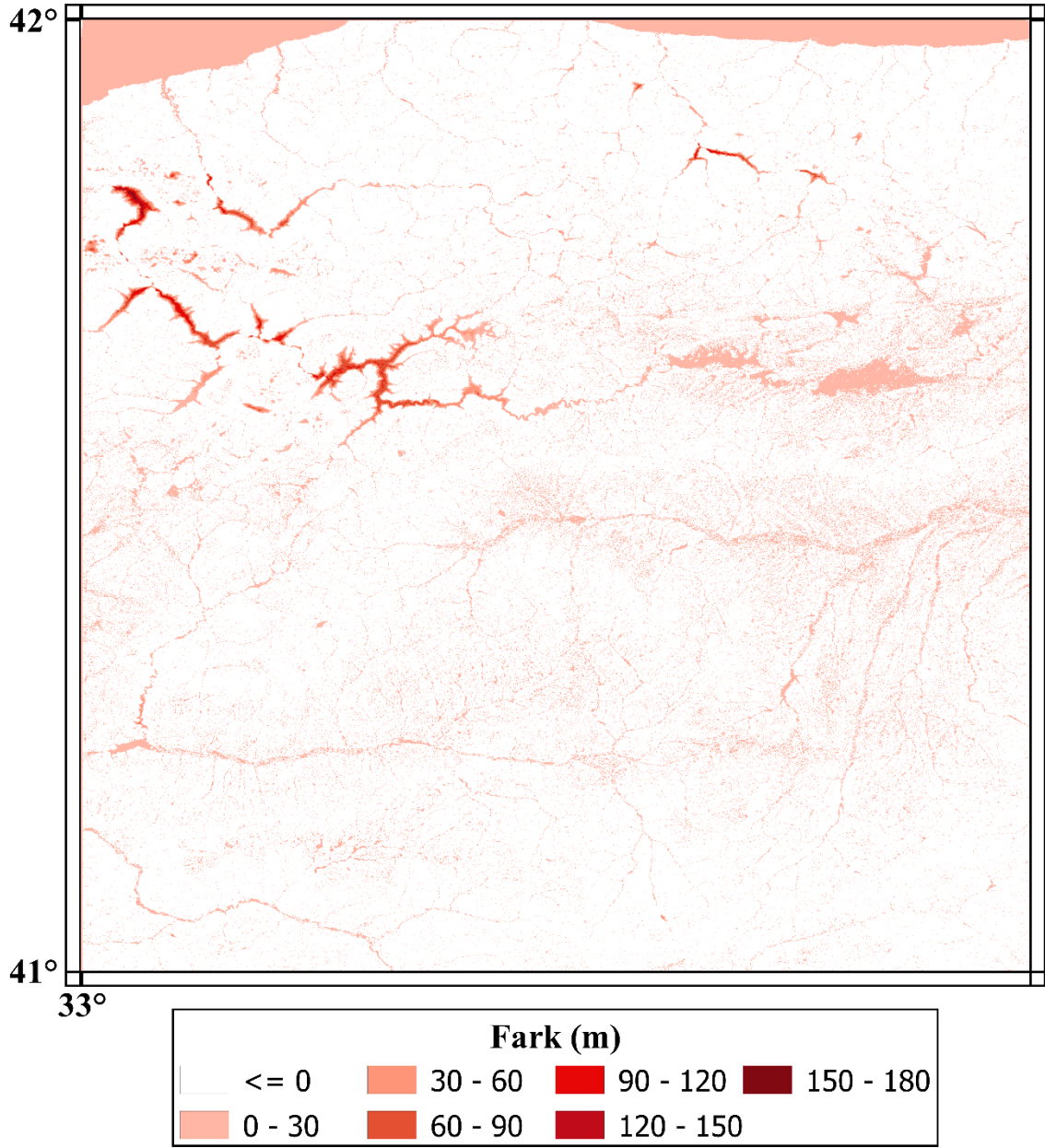
Şekil 4.101: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



Şekil 4.102: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan

Şekil 4.102’de düzleştirme yapılan yerlerin dere, çay gibi su kütlesi içeren alanlar olduğu görülmektedir. Bu tarz alanlarda çukur doldurma işleminin uygulanması gölgelemeyi olumsuz etkilemektedir.

4.5.2. Uygulama 14

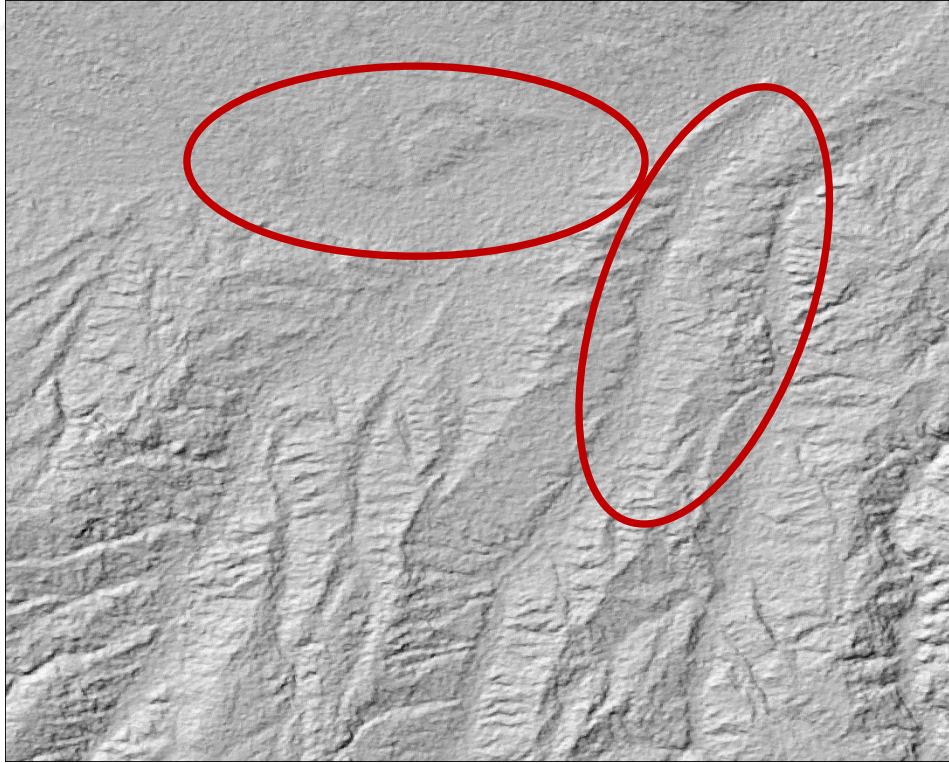


Şekil 4.103: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

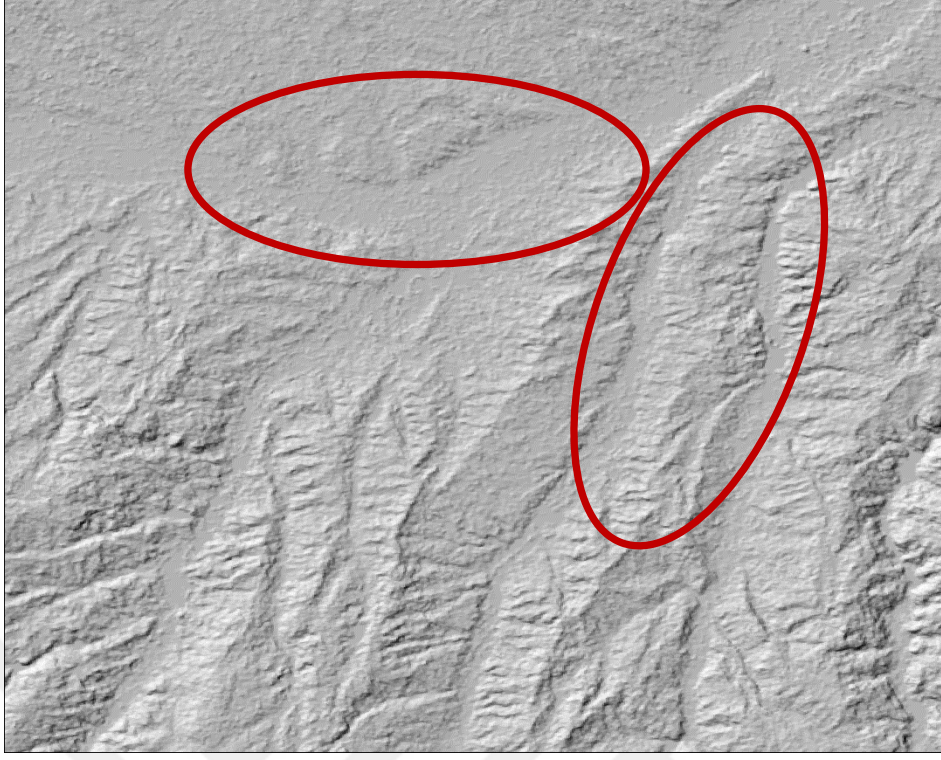
Şekil 4.103'te Fill Sinks xxl kullanılmıştır. Şekil 4.104'te fark haritasından alınan bir örnek yer almaktadır. Şekil 4.105 çukur doldurma öncesi ve Şekil 4.106 ise çukur doldurma sonrası yapılan gölgelemeyi göstermektedir. Büyük miktarda bir düzeltirme söz konusu değildir. Alan üzerine yakınlştırma yapıldığında farkların vadilere denk geldiği görülmektedir. Vadi içerisinde tarım alanları ve dağınık yerleşim birimleri mevcuttur. Çukur doldurma işlemi bu alanda gölgelemeyi olumlu etkilemektedir.



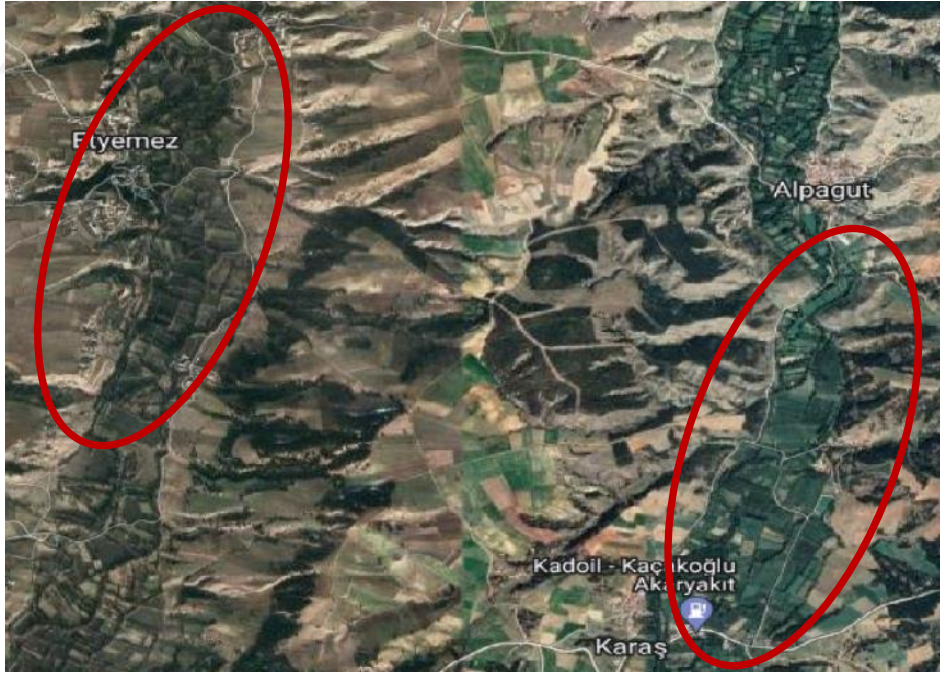
Şekil 4.104: Fill Sinks xxl ile elde edilen fark haritasından bir kısım



Şekil 4.105: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



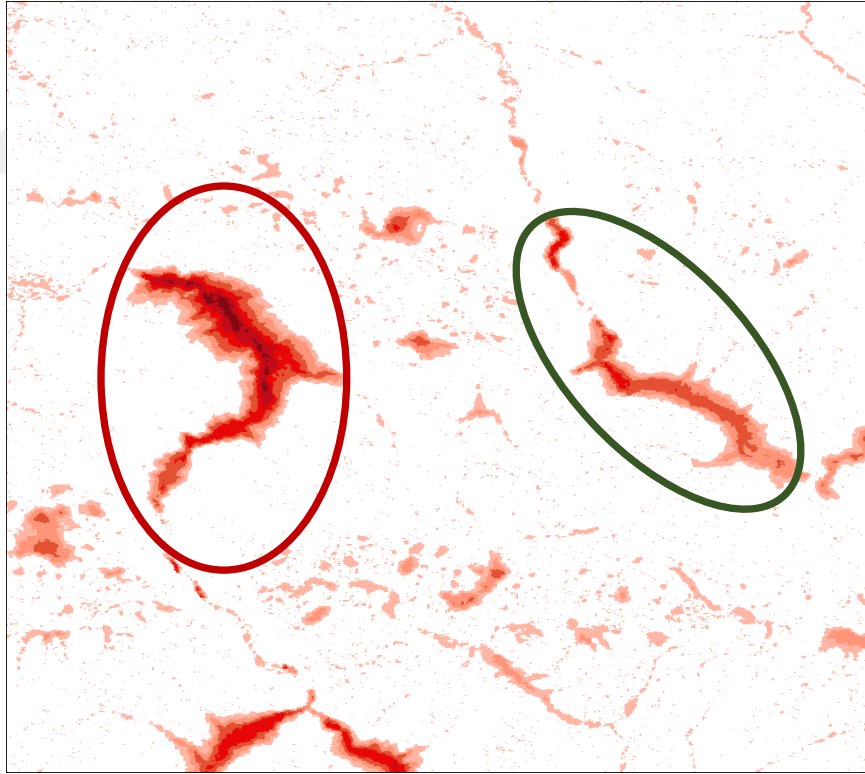
Şekil 4.106: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



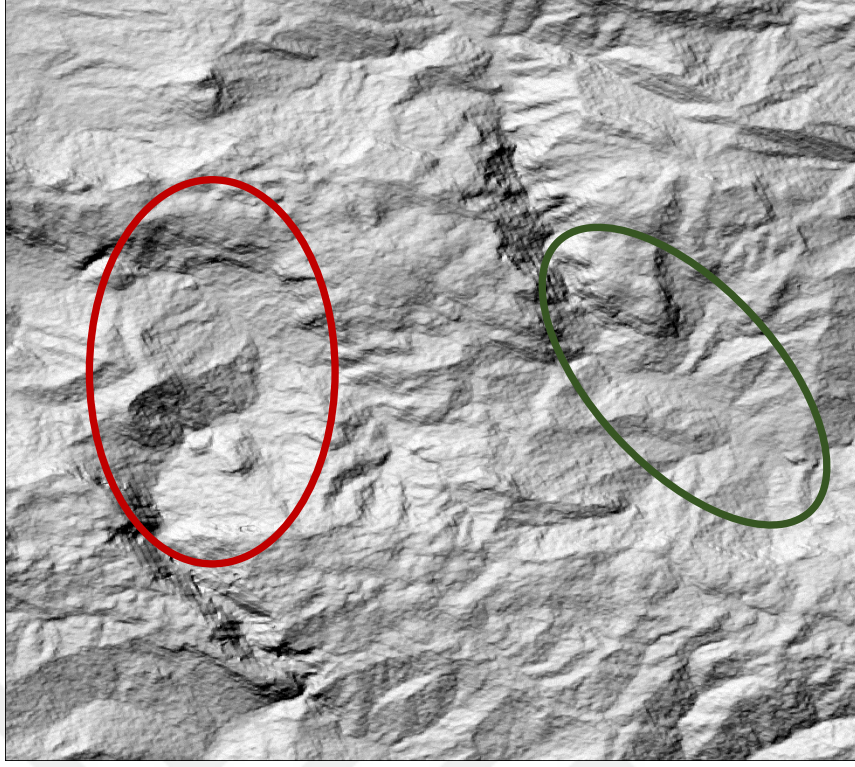
Şekil 4.107: Google uydu haritasından bakıldığı zaman farkın denk geldiği alan

Şekil 4.103'teki fark haritasından alınan bir başka örnek ise Şekil 4.108'de gösterilmiştir. Bu örnekte iki farklı alan ele alınmıştır. Şekil 4.109 ve Şekil 4.110 çukur doldurma öncesi gölgeleme ve çukur doldurma işlemi sonrası gölgeleme örneklerini göstermektedir. Kırmızı daire ile gösterilen alanda yüksek miktarda bir düzleştirme işlemi söz konusudur. Bu alana Google uydu haritasından bakıldığı zaman (Şekil 4.111) içerisinde bir dere olduğu görülmektedir. Bu kadar yüksek miktarda düzleştirme işleminin yapılması topoğrafyayı doğru olarak yansıtmamaktadır. Burada uygulanan çukur doldurma işlemi gölgelemeyi olumsuz etkilemektedir.

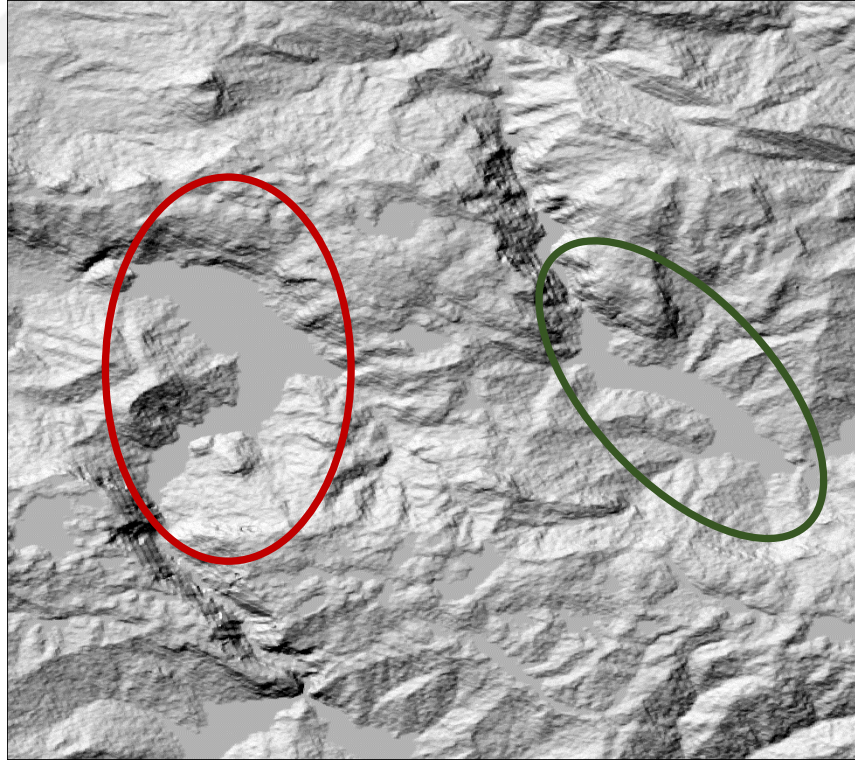
Diğer yandan yeşil daire ile gösterilen alanda yine Google uydu haritasından bakıldığı zaman (Şekil 4.112) yerleşim alanlarının yer aldığı görülmektedir. Bu alanda düzleştirme yani çukur doldurma işlemi uygulanabilmesi için düzleştirme miktarının azaltılması gerekmektedir. Çünkü uygulanan düzleştirme miktarı ile elde edilen gölgeleme topoğrafyayı tam olarak yansıtmamaktadır.



Şekil 4.108: Fill Sinks xxl ile elde edilen fark haritasından bir kısım



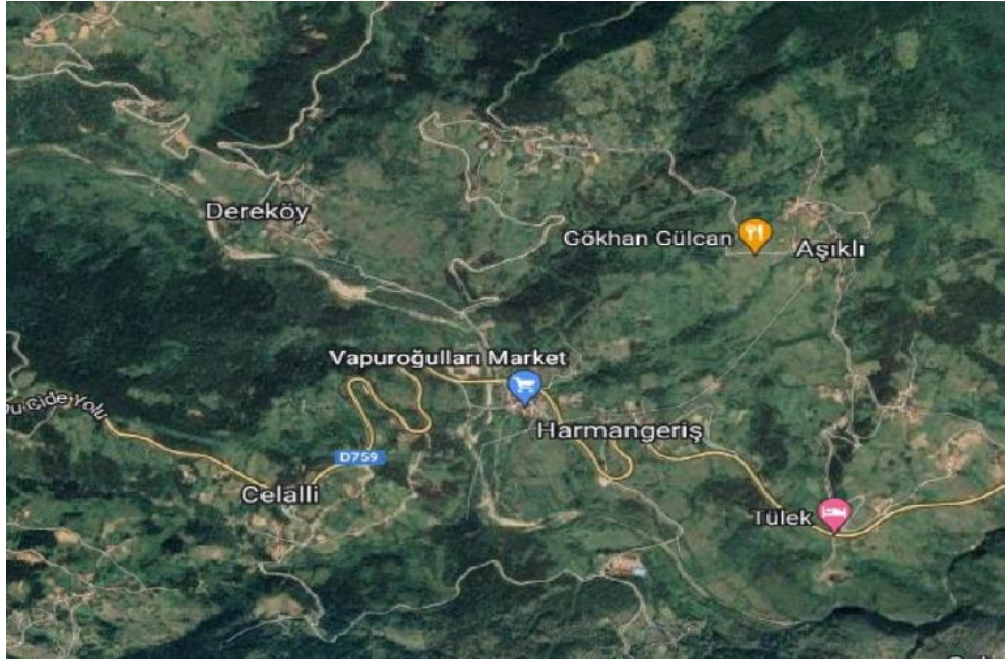
Şekil 4.109: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



Şekil 4.110: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

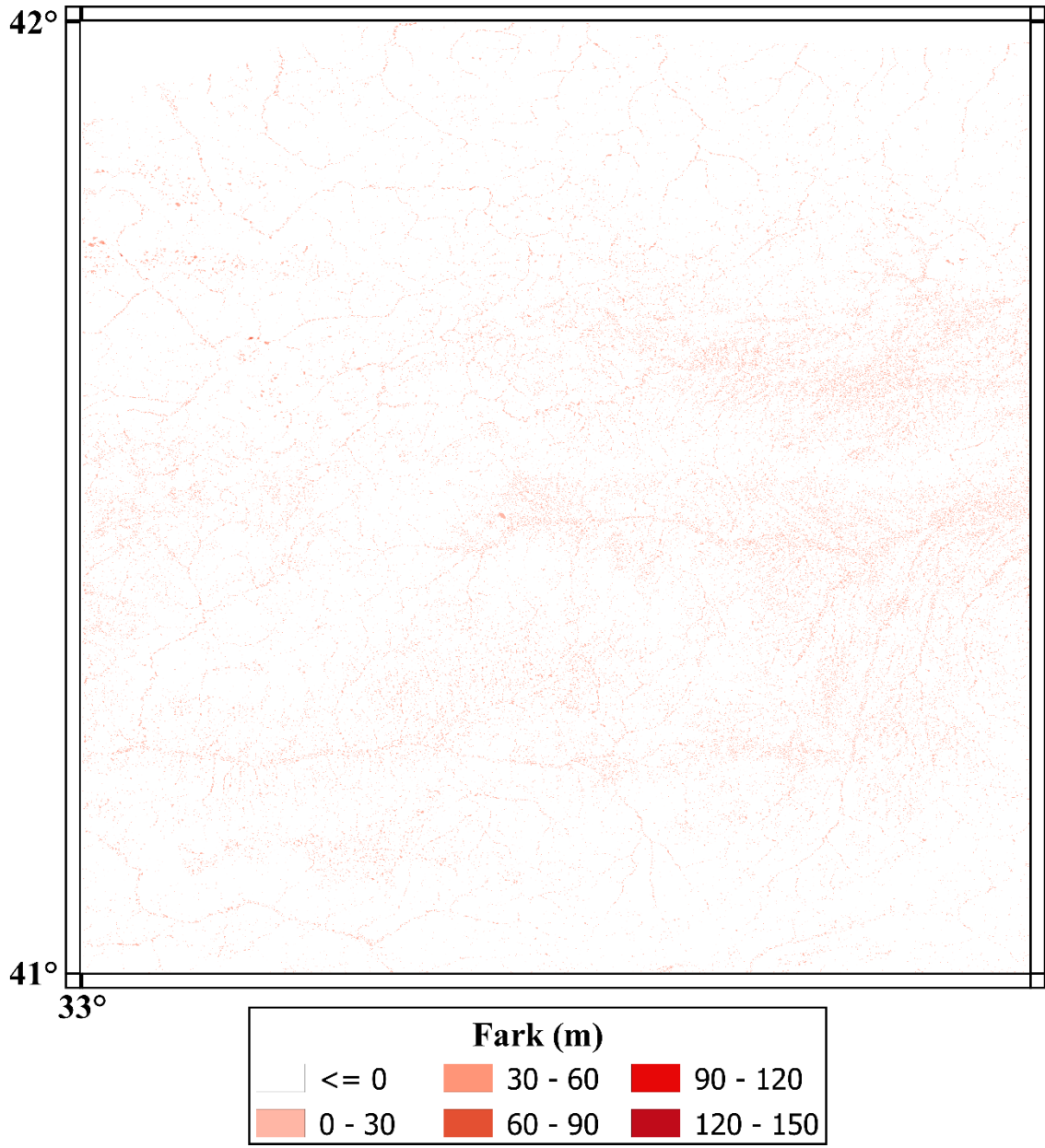


Şekil 4.111: Google uydu haritasından bakıldığı zaman kırmızı daire içindeki farkın denk geldiği alan



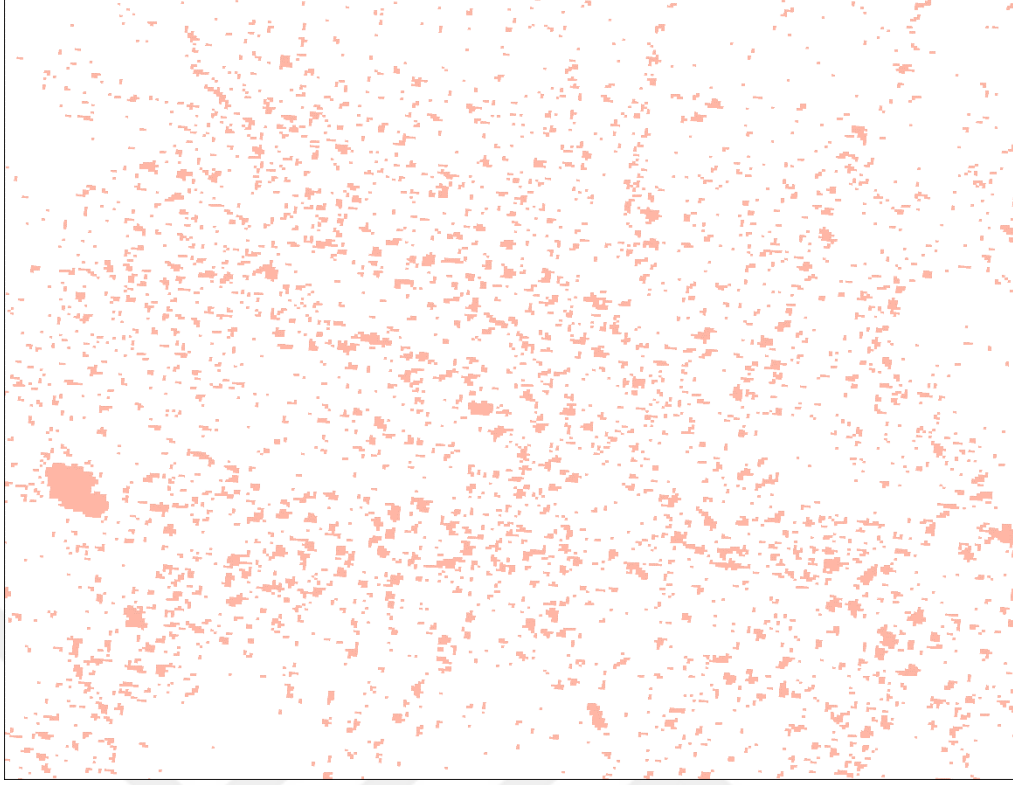
Şekil 4.112: Google uydu haritasından bakıldığında yeşil daire içindeki farkın denk geldiği alan

4.5.3. Uygulama 15

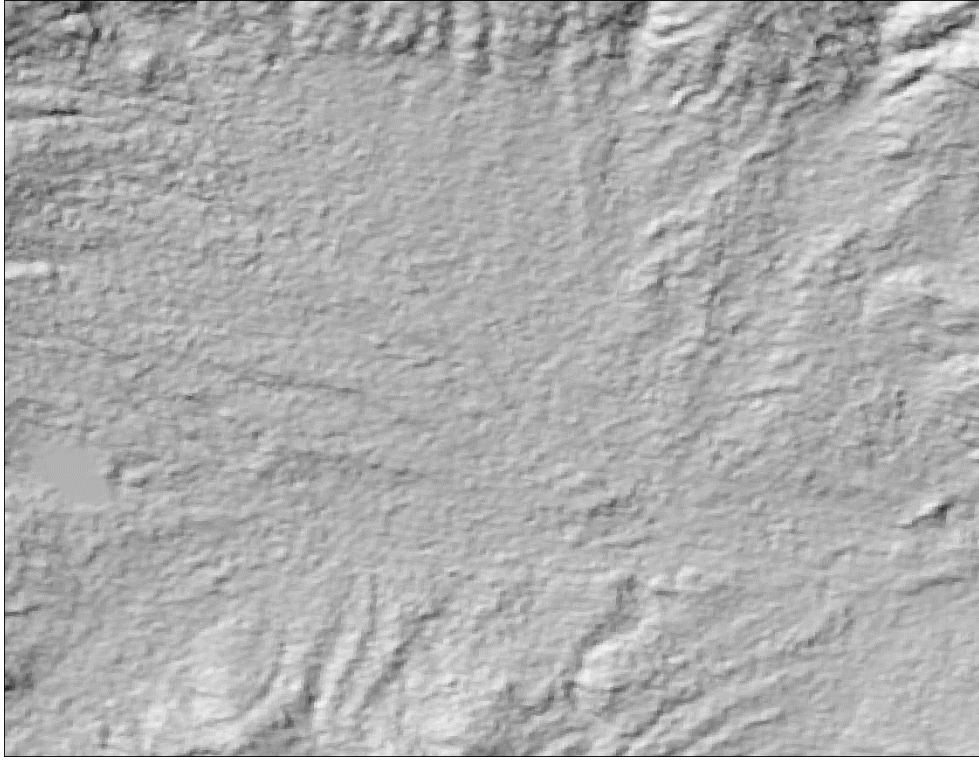


Şekil 4.113: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

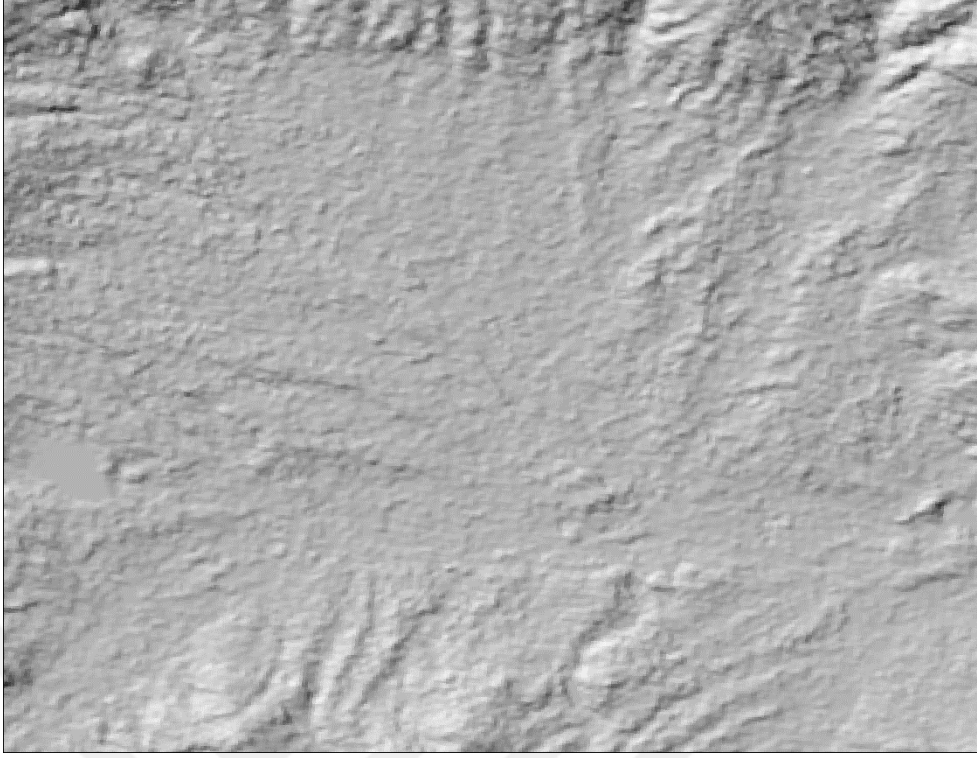
Şekil 4.113 r.fill.dir algoritması kullanılarak elde edilmiştir. Şekil 4.114'te fark haritasından alınan bir örnek yer almaktadır. Şekil 4.115 çukur doldurma öncesi gölgeleme ve Şekil 4.116 çukur doldurma işlemi sonrası gölgeleme uygulamalarını göstermektedir.



Şekil 4.114: GRASS ile elde edilen fark haritasından bir kısım



Şekil 4.115: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



Şekil 4.116: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

Şekil 4.114'teki alan düşük miktarda bir düzleştirme işlemi içermektedir ve bunun gölgelemeye etkisi yok gibi görünmektedir. Fakat alan üzerine yakınlaştırma işlemi yapıp detaylı bakıldığı zaman SYM hatalarının giderildiği ve bunun gölgelemeye yansıdığı görülebilmektedir. SYM'den kaynaklanan küçük noktalar, çizgiler vs. belirsiz şekiller çukur doldurma işlemi sonrası neredeyse kaybolmaktadır. Yapılan çukur doldurma işlemi gölgelemeyi olumlu etkilemektedir.

Çizelge 4.10 Bölge 3'e ait SRTM veri kullanılarak gerçekleştirilen çukur doldurma işlemi sonrası elde edilen farklara ait istatistiksel değerler yer almaktadır. Farklara ait en büyük değer 168,12 m ile Fill Sinks xxl'de elde edilirken farka ait en küçük değer 129,0 m ile r.fill.dir'de elde edilmiştir. Ortalama fark değeri ve standart sapması en büyük olan ise Fill Sinks xxl algoritmasıdır. Fill Sinks (wang&liu) ve Fill Sinks xxl birbirine yakın değerlerde çukur doldurma işlemi gerçekleştirmiştir. Bundan dolayı elde edilen gölgelemeler de birbirine yakın olmuştur. İki algoritmanın kullanılması gölgeleme açısından bu bölgeye ait bazı alanlarda olumlu bazı alanlarda olumsuz sonuç vermiştir. Ayrıca r.fill.dir algoritmasının kullanılması ile gölgeleme olumlu etkilenmiştir fakat dikkatli bir inceleme yapılması gereklidir.

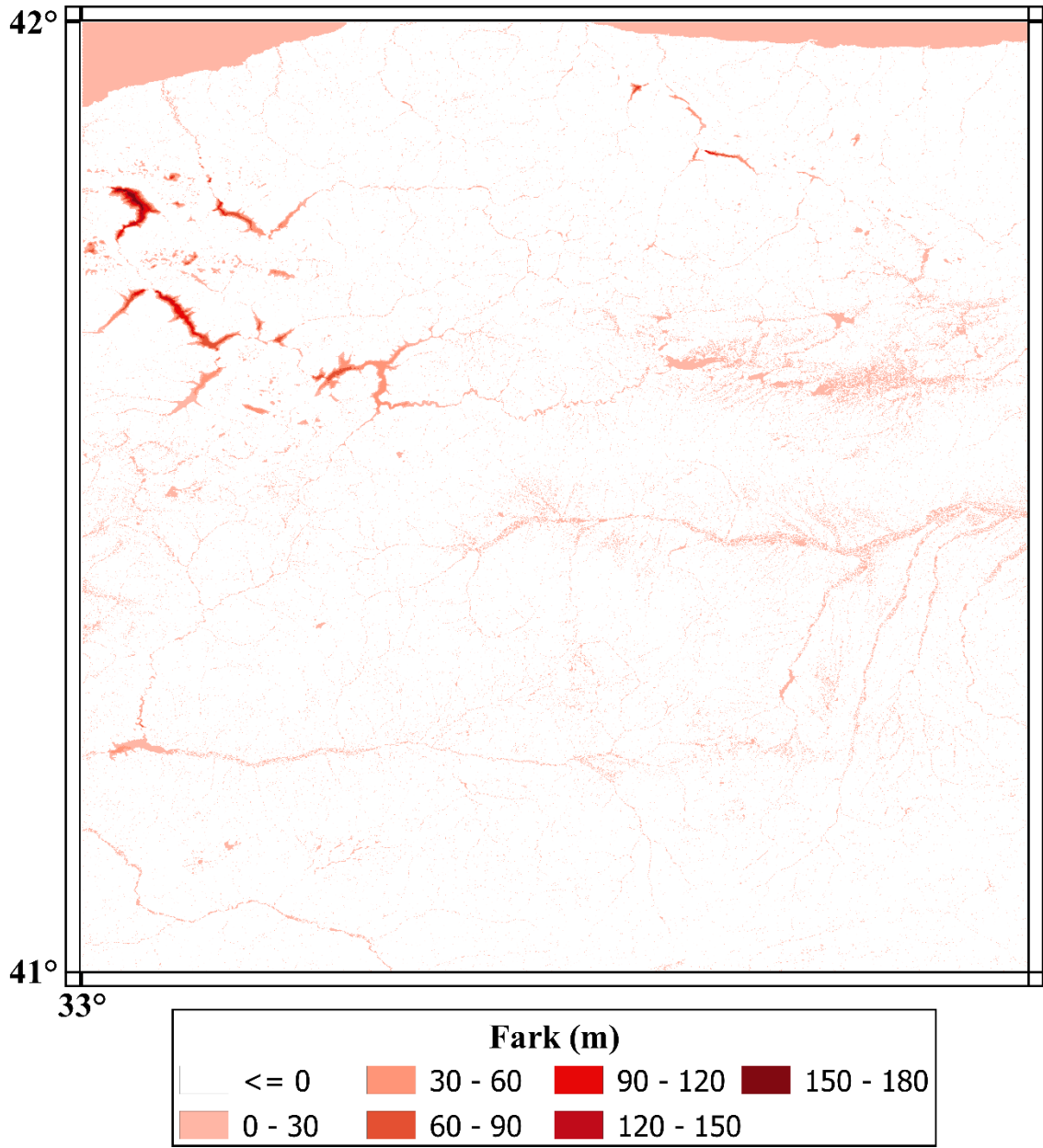
Çizelge 4.10: Bölge 3 (ASTER) verisi kullanılarak elde edilen farkların istatistiksel değerleri

UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Uygulama 13	163,51	0,53	4,47
Uygulama 14	168,12	1,30	5,57
Uygulama 15	129,0	0,09	0,79

4.6. Bölge 3 (SRTM)

Bölge 3 için SRTM verisi kullanılarak Fiil Sinks (wang&liu), Fill Sinks xxl ve r.fill.dir algoritmaları ile çukur doldurma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra hem işlenmiş veriye hem de orijinal veriye gölgeleme işlemi uygulanarak incelemeler yapılmıştır.

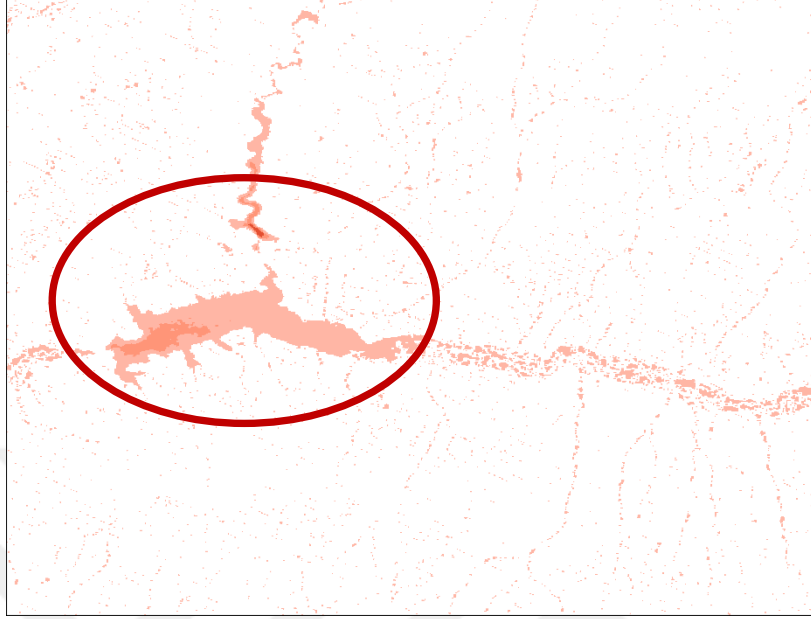
4.6.1. Uygulama 16



Şekil 4.117: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

Şekil 4.117 hazırlanırken Fill Sinks (wang&liu) kullanılmıştır. Şekil 4.118’de fark haritasından alınan bir örnek yer almaktadır. Şekil 4.119 ve Şekil 4.120 çukur doldurma işlemi öncesi ve sonrası yapılan gölgeleme uygulamalarını göstermektedir. İki uygulama kıyaslandığı zaman kırmızı daire içerisindeki alanda değişim olduğu görülmektedir. Yüksek miktarda bir düzleştirme işlemi söz konusu değildir.

Alan içerisinde kara yolları, tarım alanları, dere, dağınık yerleşim birimleri yer almaktadır. Çukur doldurma işleminin uygulanması gölgelemeyi olumlu etkilemektedir.



Şekil 4.118: Şekil 4.117’den alınan bir örnek



Şekil 4.119: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

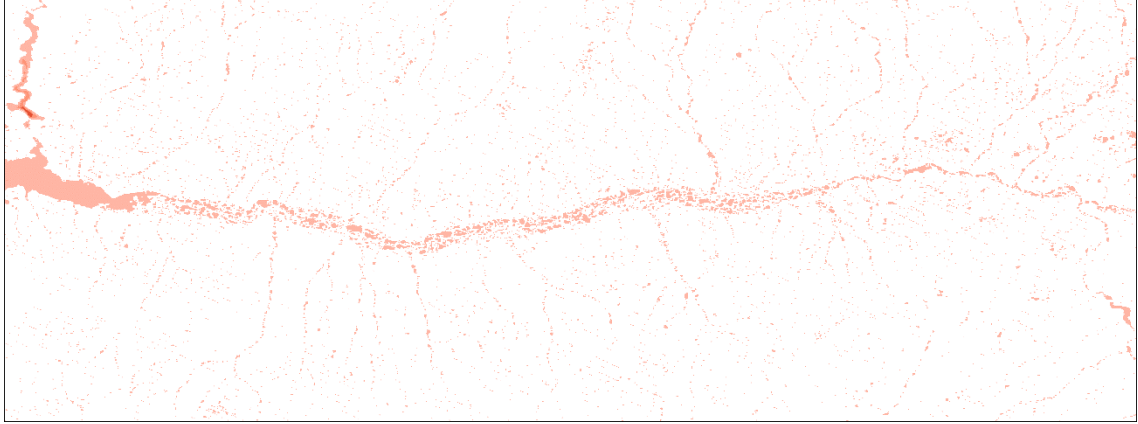


Şekil 4.120: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

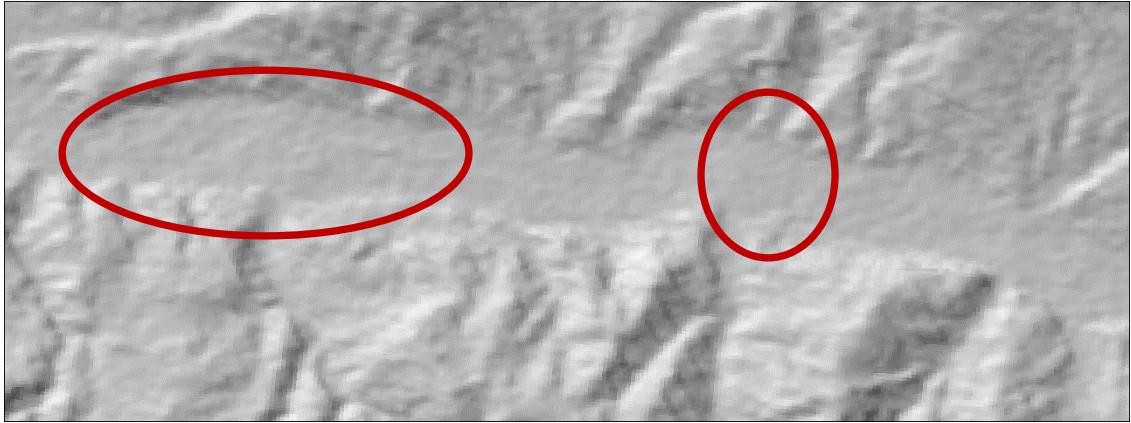


Şekil 4.121: Google uydu haritasından bakıldığında farkın denk geldiği alan

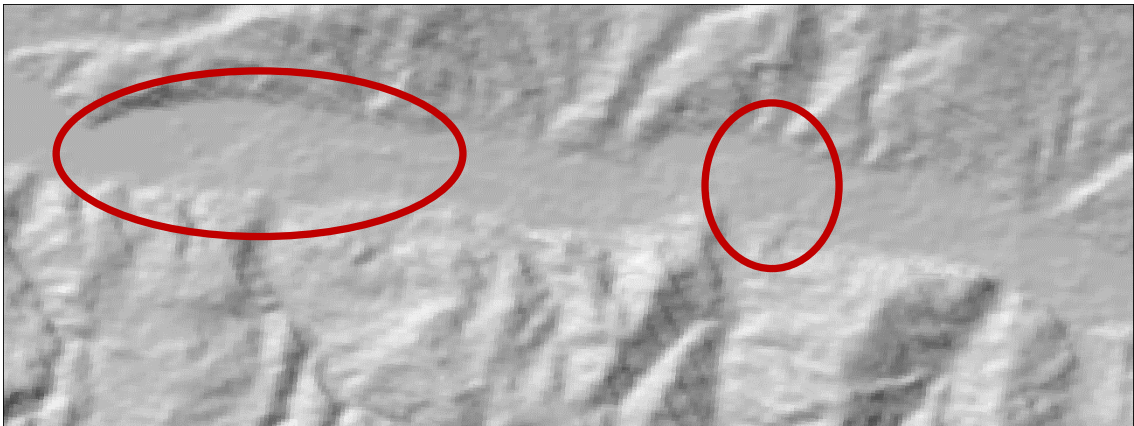
Şekil 4.122’de elde edilen fark haritasından alınan bir örnek yer almaktadır. Pembe ve uzun bir nokta dizisi şeklinde yatay halde bulunan alan incelenmiştir.



Şekil 4.122: Fill Sinks (wang&liu) ile hazırlanan fark haritasından bir örnek



Şekil 4.123: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

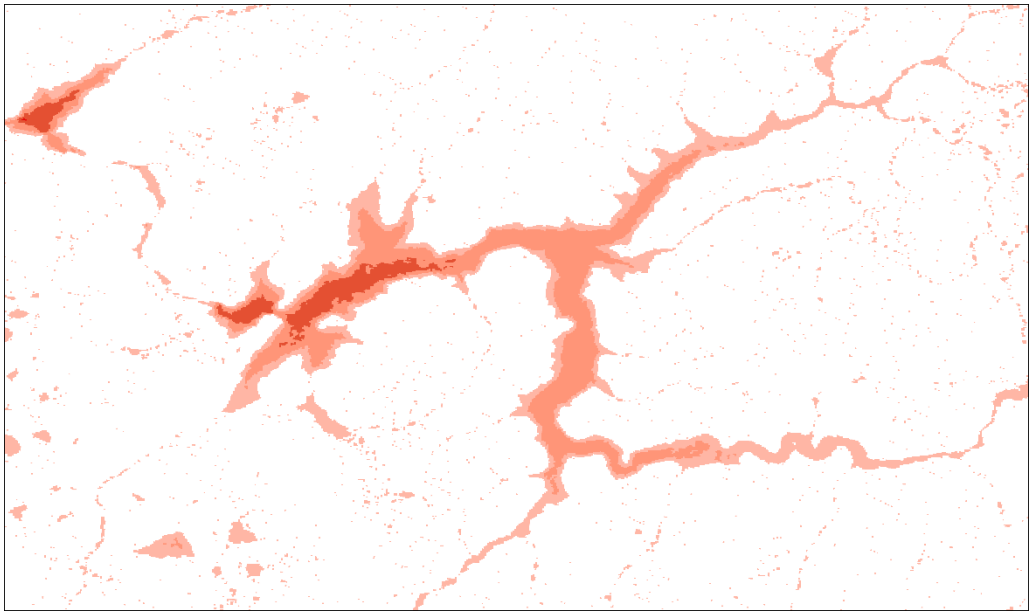


Şekil 4.124: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

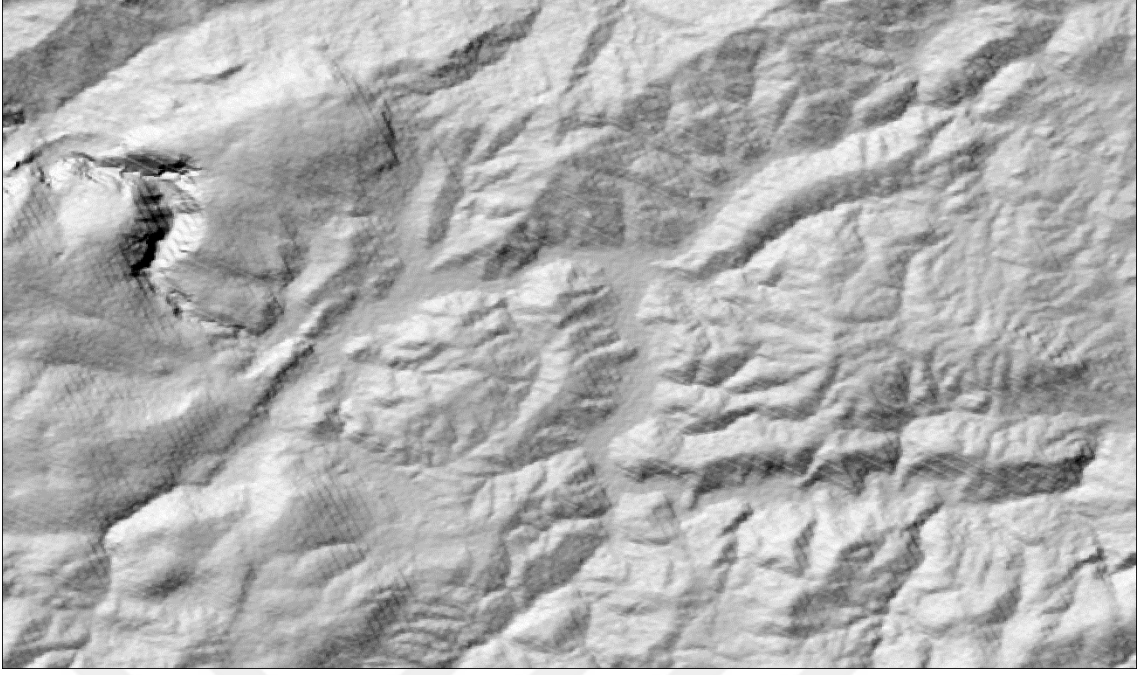
Şekil 4.123 ve Şekil 4.124 arasında karşılaştırma yapıldığı zaman ufakta olsa gölgeleme üzerinde değişimler gözlemlenmektedir. Bu değişimlerin en net olduğu yerler kırmızı daire içinde gösterilmiştir. Bu alana Google uydu haritasından bakıldığı zaman içerisinde dağınık yerleşim birimleri, kara yolları, dere, tarım arazileri, kanallar olduğu görülmektedir. Yapılan çukur doldurma işlemi gölgeleme açısından olumlu bir etki yaratmıştır.



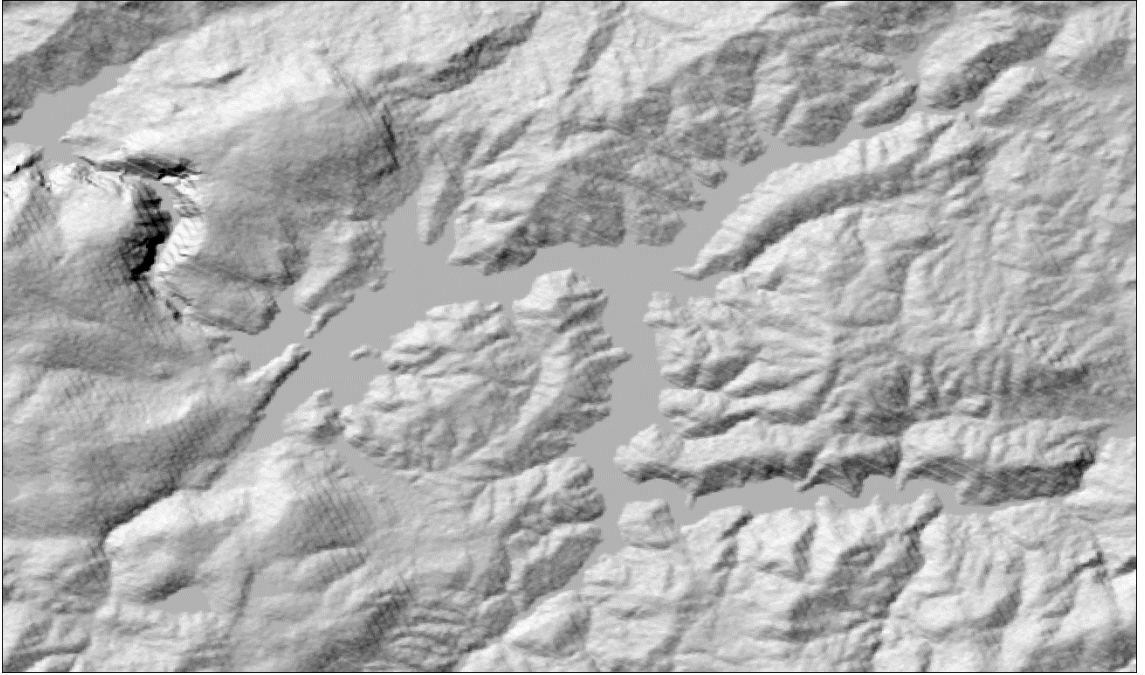
Şekil 4.125: Google uydu haritasından bakıldığında farkın denk geldiği alan



Şekil 4.126: Fill Sinks (wang&liu) ile hazırlanan fark haritasından bir örnek

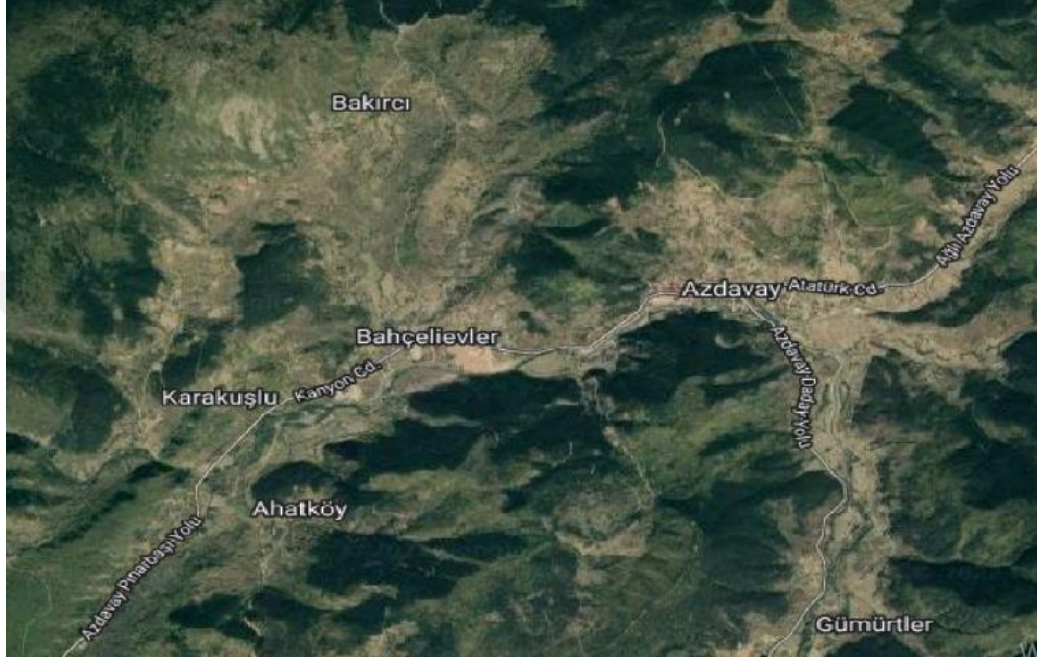


Şekil 4.127: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



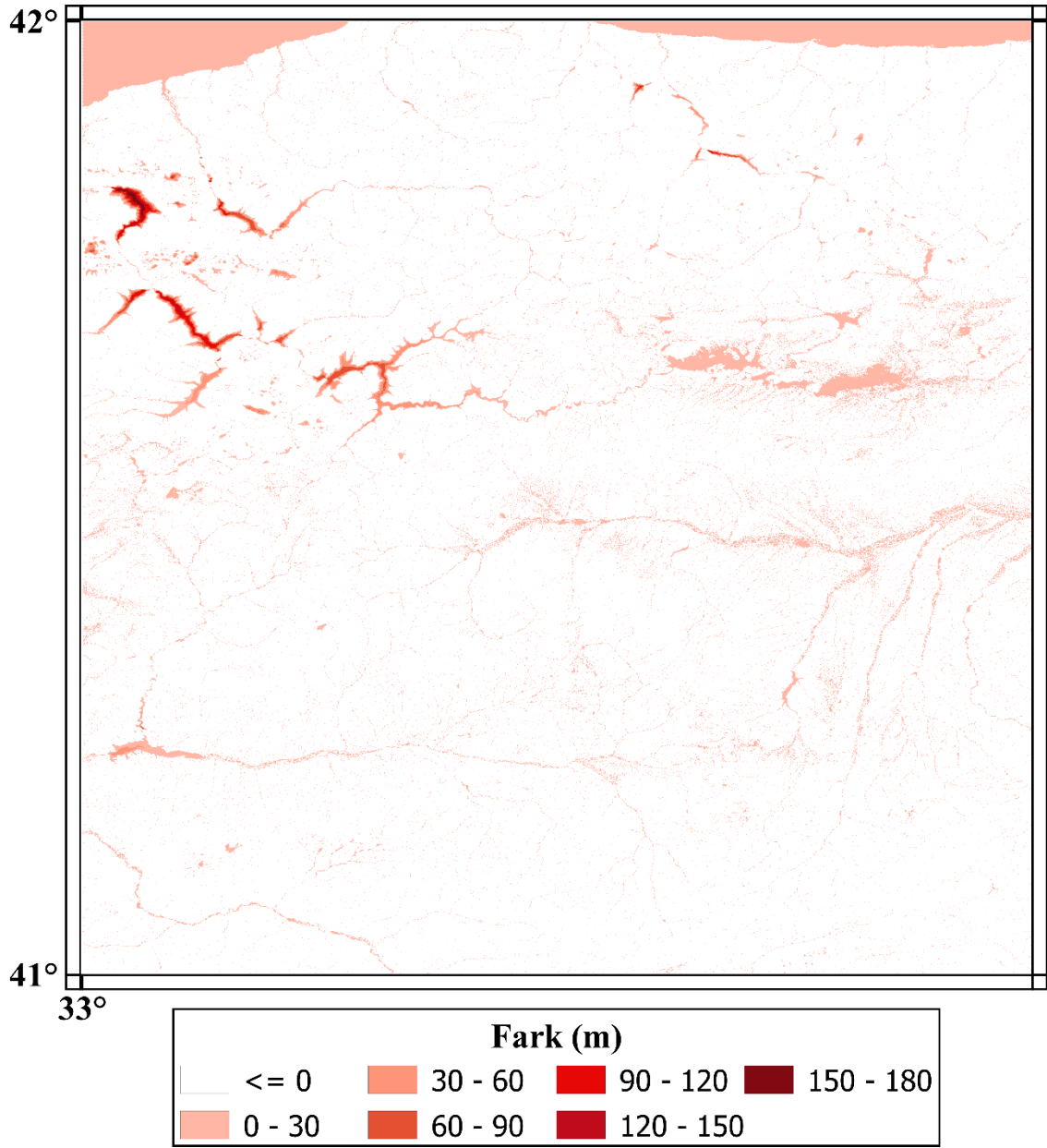
Şekil 4.128: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

Şekil 4.126’da fark haritasından alınan bir örnek yer almaktadır. Şekil 4.127 ve Şekil 4.128 kıyaslandığı zaman yüksek miktarda bir düzleştirme işlemi yapıldığı görülmektedir. Bu alanda yerleşim birimi mevcut olmakla birlikte yapılan çukur doldurma işleminin miktarı fazladır. Daha az düzleştirme ile daha iyi gölgeleme elde edilecektir.



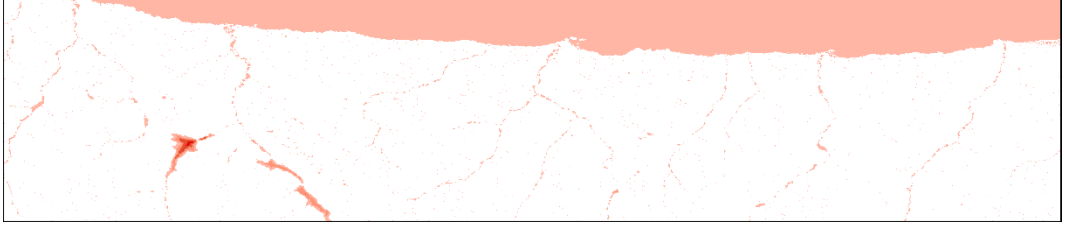
Şekil 4.129: Google uydu haritasından bakıldığında farkın denk geldiği alan

4.6.2. Uygulama 17

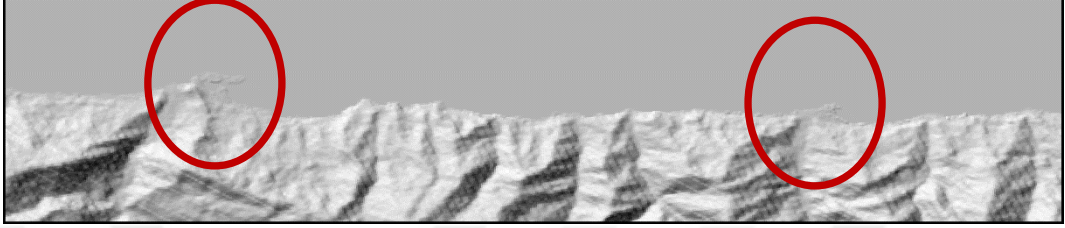


Şekil 4.130: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

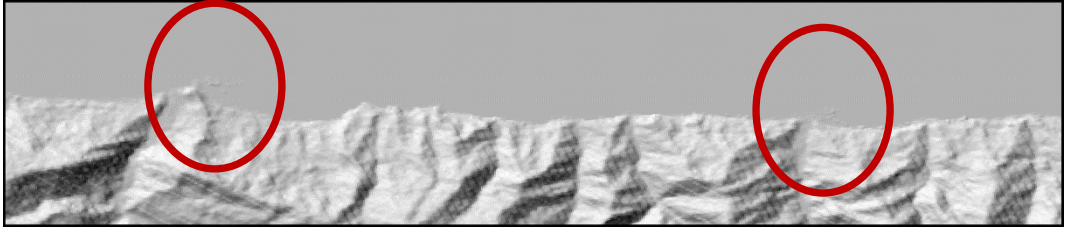
Fiil Sinks xxl kullanılarak gerçekleştirilen çukur doldurma işlemi sonucunda elde edilen fark haritası Şekil 4.130’da verilmiştir. Şekil 4.131’de yoğun pembe renkli alan denizin kıyı kısmına denk gelmektedir. Burada yapılan düzeltme işleminin gölgelemeye olan etkisini gözlemlemek için Şekil 4.132 ve Şekil 4.133 arasında karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 4.131: Fill Sinks xxl kullanılarak elde edilen fark haritasından bir kesit

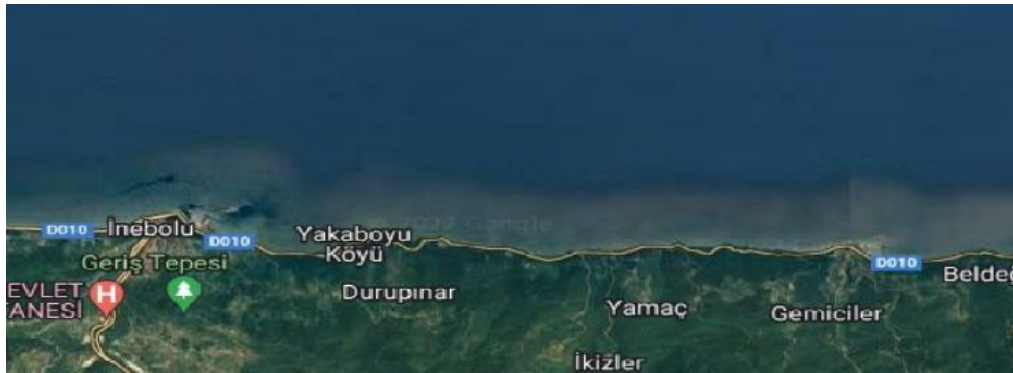


Şekil 4.132: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



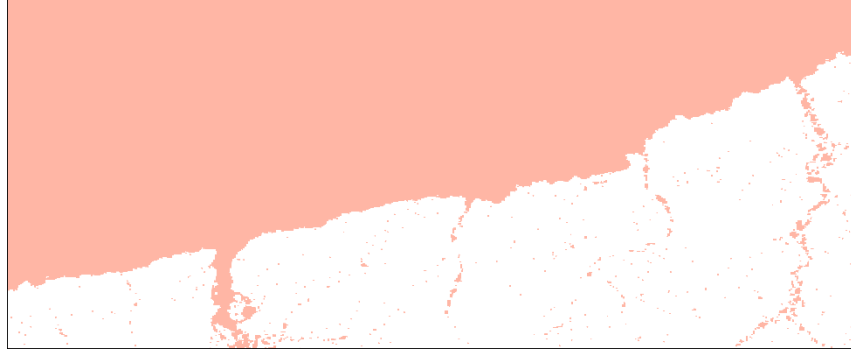
Şekil 4.133: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

Kırmızı daire içinde gösterilen alanlarda değişim olduğu görülmektedir. Bunlar çok küçük miktarda yapılan düzeltmelerdir fakat topoğrafyayı doğru yansıtmadığı için gölgeleme açısından olumlu değildir. Çukur doldurma işlemi sonrası kıyı kesimdeki detaylar gerçekte yokmuş gibi görünmektedir.

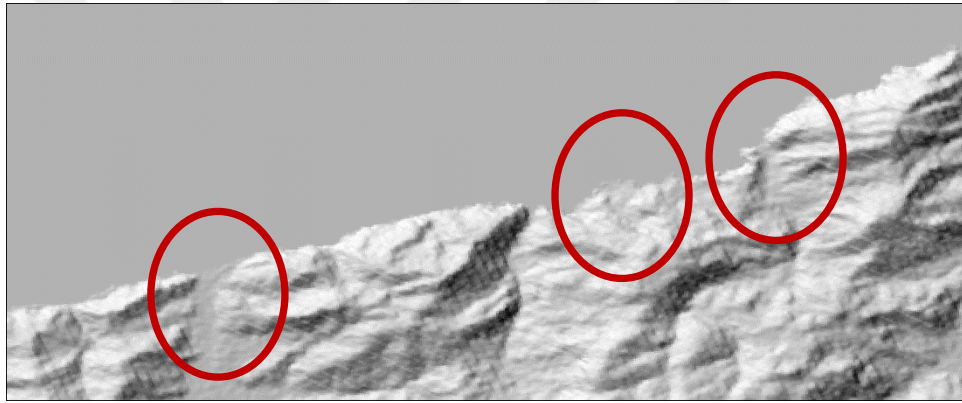


Şekil 4.134: Google uydu haritasından bakıldığında farkın denk geldiği alan

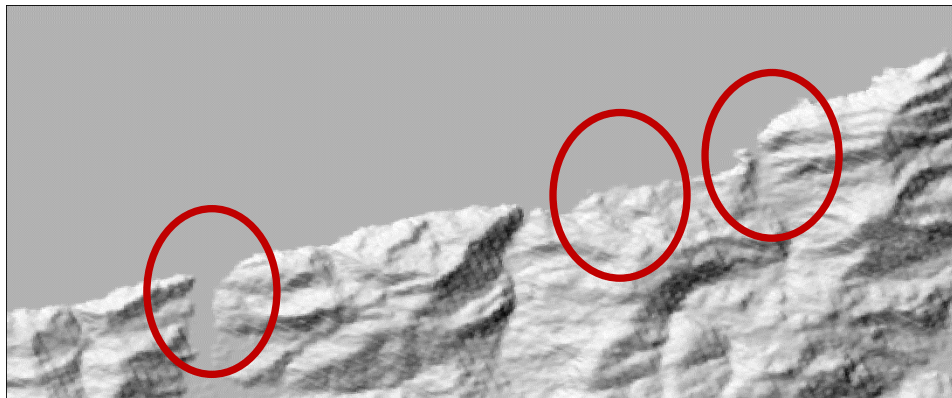
Fill sinks xxl metoduyla hazırlanan fark haritasından alınan bir başka örnek ise Şekil 4.135'te gösterilmiştir. Şekil 4.136 ve Şekil 4.137 çukur doldurma öncesi ve sonrası gölgeleme uygulamalarını göstermektedir.



Şekil 4.135: Fill Sinks xxl kullanılarak elde edilen fark haritasından bir kesit



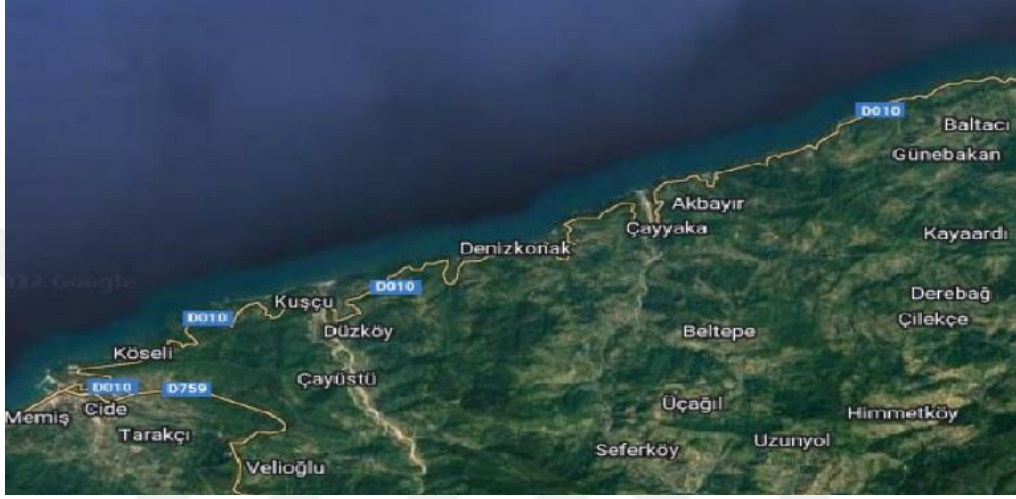
Şekil 4.136: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



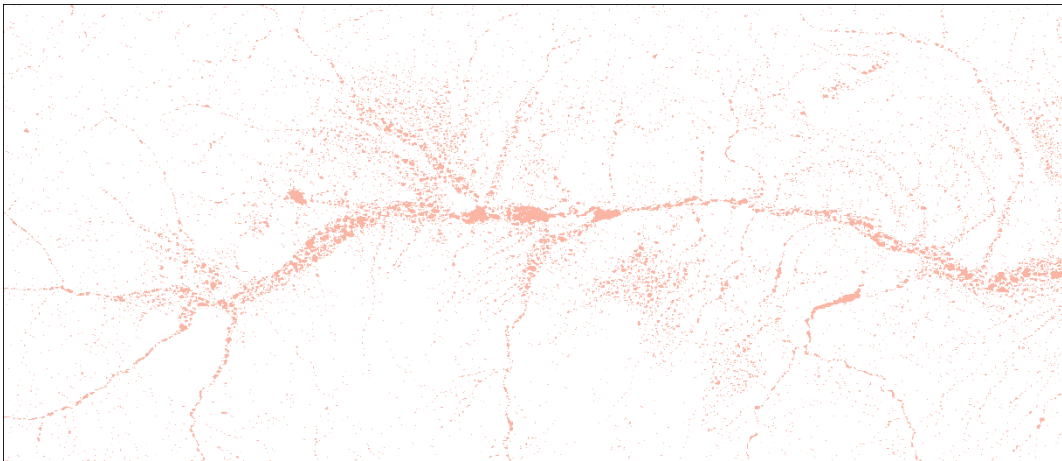
Şekil 4.137: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

Kırmızı daire içinde gösterilen alanlar değişimin net olduğu alanlardır. Su kütlelerinin denk geldiği alanlarda kıyı kısmında yapılan çukur doldurma işlemi topoğrafyayı doğru yansıtmadığı için gölgeleme açısından olumsuzdur. Kıyıda yer alan şekiller düzleştirme işlemi sonrası yok gibi görünmektedir. Fakat SYM’de denize denk gelen pikseller tam 0 değeri almayabilir. Bu yüzden denizde yapılan düzleştirme işlemi olumlu olmaktadır.

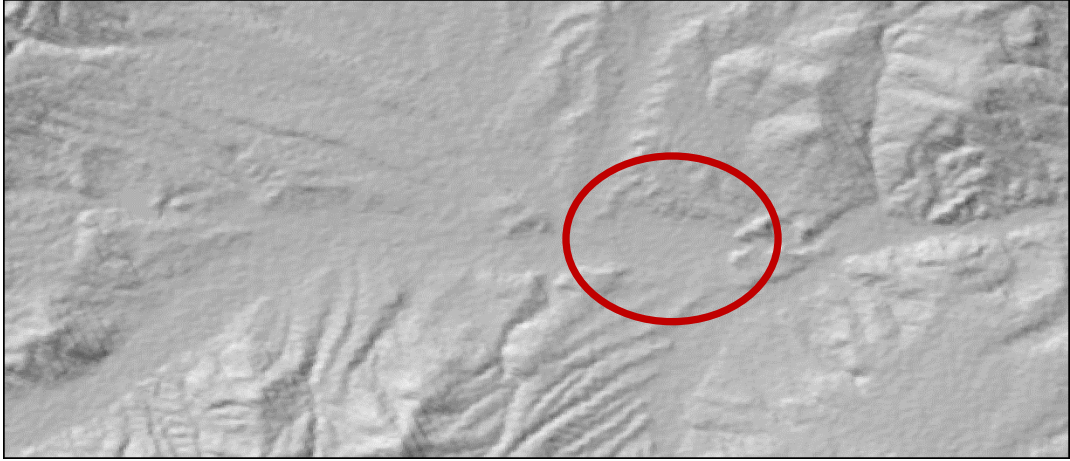
Şekil 4.138: Google uydu haritasından bakıldığında farkın denk geldiği alan



Şekil 4.139’da Fill Sinks xxl ile hazırlanan fark haritasından alınan başka bir örnek yer almaktadır. Bu alanda düşük miktarda bir çukur doldurma işlemi söz konusudur. Şekil 4.140 çukur doldurma işlemi öncesi gölgeleme ve Şekil 4.141 çukur doldurma işlemi sonrası gölgeleme uygulamalarını göstermektedir.



Şekil 4.139: Fill Sinks xxl ile hazırlanan haritadan alınan bir başka örnek



Şekil 4.140: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



Şekil 4.141: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

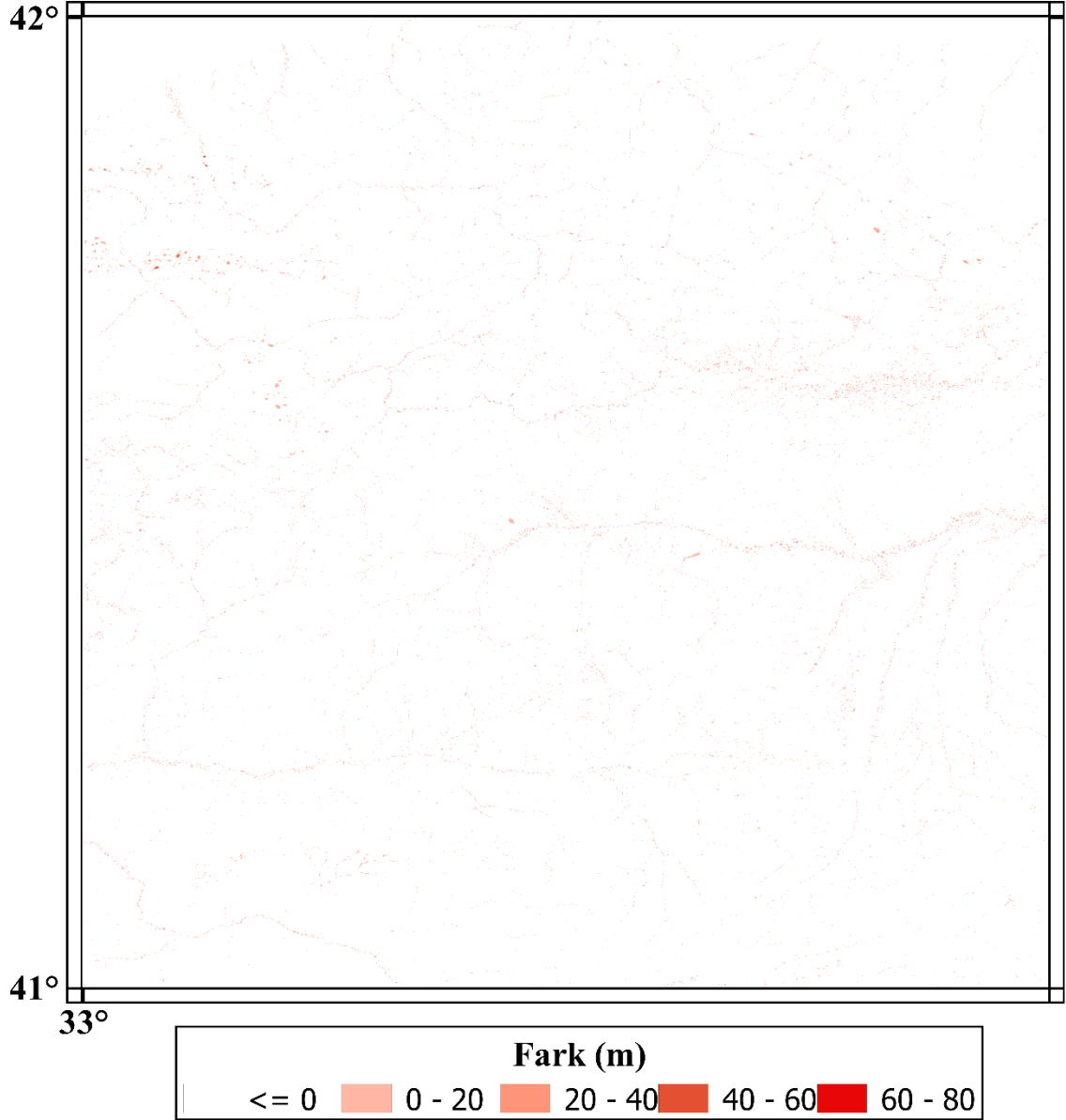
Şekil 4.141’de birçok alanda düzleştirme işleminin yapıldığı görülebilmektedir. Fakat gölgeleme açısından en net görünen alan kırmızı daire içinde gösterilmiştir. Bu alan Şekil 4.142’de görüldüğü üzere yerleşim birimleri barındırmaktadır. Bu alanda çukur doldurma algoritmasının uygulanması gölgelemeyi olumlu yönde etkilemektedir.



Şekil 4.142: Google Uydu Haritasından bakıldığında farkın denk geldiği alan

4.6.3. Uygulama 18

Bölge 3'e ait SRTM verisi için r.fill.dir kullanılarak çukur doldurma işlemi yapılmıştır. Elde edilen fark haritası Şekil 4.143'te gösterilmiştir. Elde edilen değerler çok küçük olduğu için fark haritasında büyük miktarda bir değişim gözlenmemektedir. Dolayısıyla bunun gölgelemeye olan etkisi de çok düşük miktarda olmaktadır. Düzleştirme miktarının düşük olmasından dolayı gölgeleme açısından herhangi bir değişim gözlemlenmemiştir. Bu veri için r.fill.dir ile çukur doldurma işleminin uygulanması ve gölgelemeye olan etkisinin gözlemlenebilmesi adına düzleştirme miktarının artırılması gerekmektedir. Şekil 4.143'te elde edilen işlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark gösterilmektedir.



Şekil 4.143: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

Çizelge 4.11’de Bölge 3’e ait SRTM verisi üzerinde çukur doldurma algoritmalarının uygulanması ile elde edilen farkların istatistiksel değerler yer almaktadır. İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki farkın en büyük olduğu çukur doldurma algoritması 177,94 m ile Fill Sinks xxl, farkın en küçük olduğu çukur doldurma algoritması ise 77,0 m ile r.fill.dir olmuştur. Ortalama fark değeri ve standart sapması en büyük olan algoritma ise yine Fill Sinks xxl’dir. Gölgeleme açısından en iyi sonuç Fill Sinks (wang&liu) çukur doldurma algoritmasından alınmıştır. Fakat bazı alanlar için Fill Sinks xxl çukur doldurma algoritmasını da kullanmak iyi bir sonuç elde edilmesini sağlamaktadır. Diğer yandan r.fill.dir algoritmasının gölgeleme öncesinde kullanılması yapılan gölgeleme üzerinde herhangi bir net değişim ortaya koymamıştır.

Çizelge 4.11: Bölge 3 (SRTM) verisi kullanılarak elde edilen farkların istatistiksel değerleri

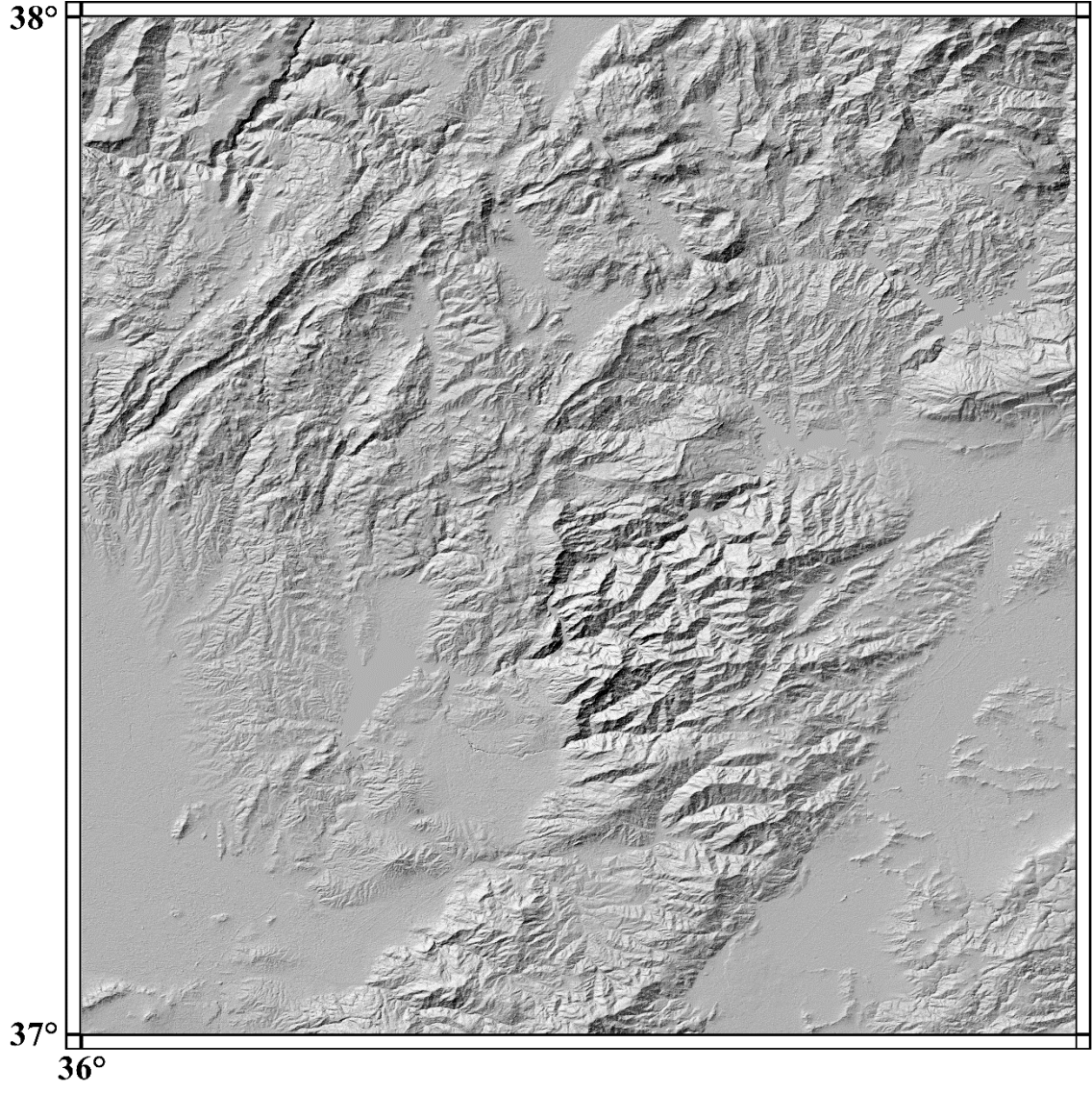
UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Uygulama 16	175,29	0,38	4,83
Uygulama 17	177,94	0,54	5,37
Uygulama 18	77,0	0,02	0,41

4.7. Bölge 4 (ASTER)

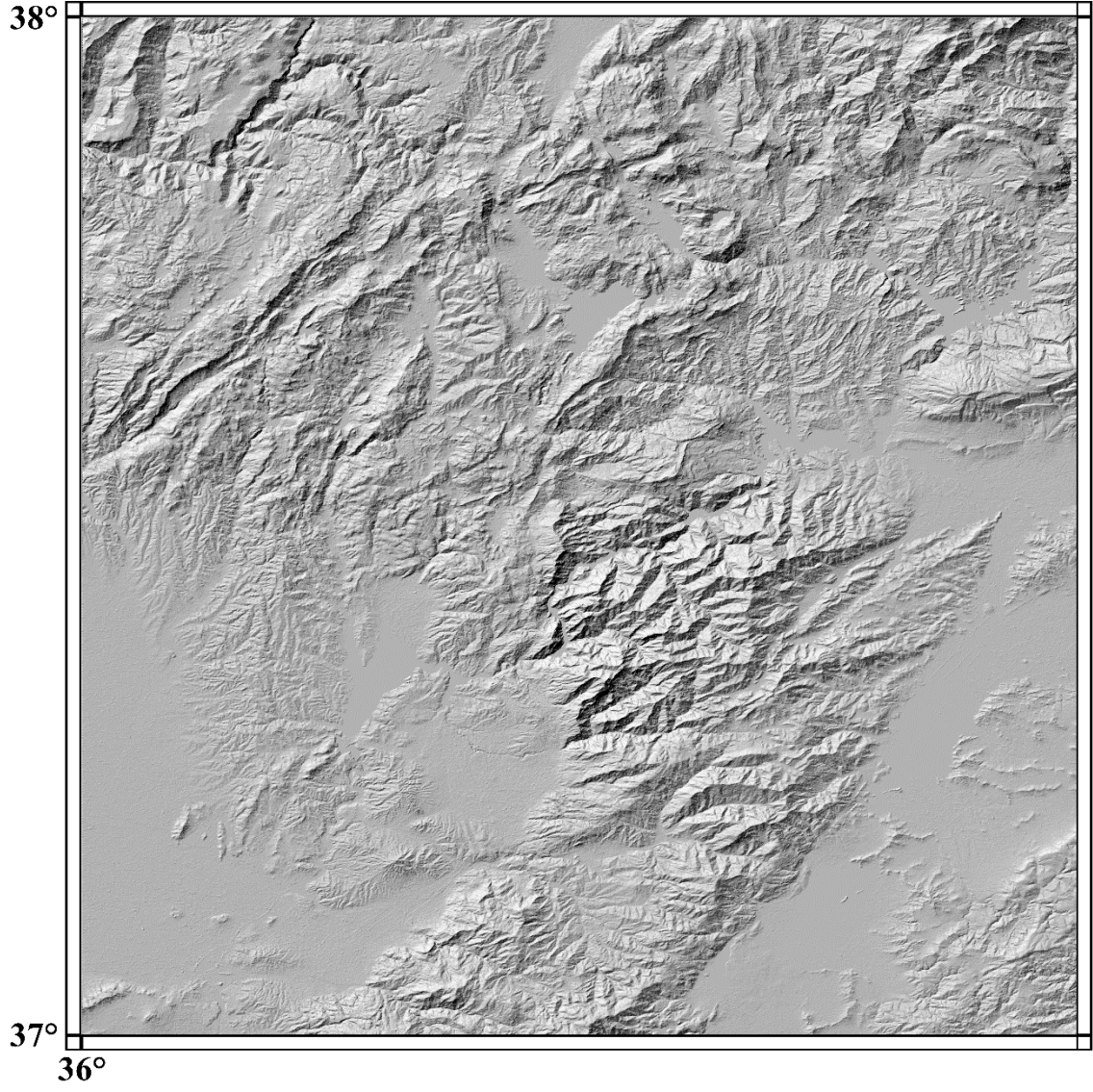
Bölge 4 için ASTER verisi kullanılarak Fiil Sinks (wang&liu), Fill Sinks xxl ve r.fill.dir algoritmaları ile çukur doldurma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra hem işlenmiş veriye hem de orijinal veriye gölgeleme işlemi uygulanarak incelemeler yapılmıştır. Bu bölgeye ait ASTER verisinde sadece iki tane çukur doldurma algoritması uygulanmıştır. Üçüncü algoritma (r.fill.dir) bu veri kullanıldığında çalışmamıştır.

4.7.1. Uygulama 19

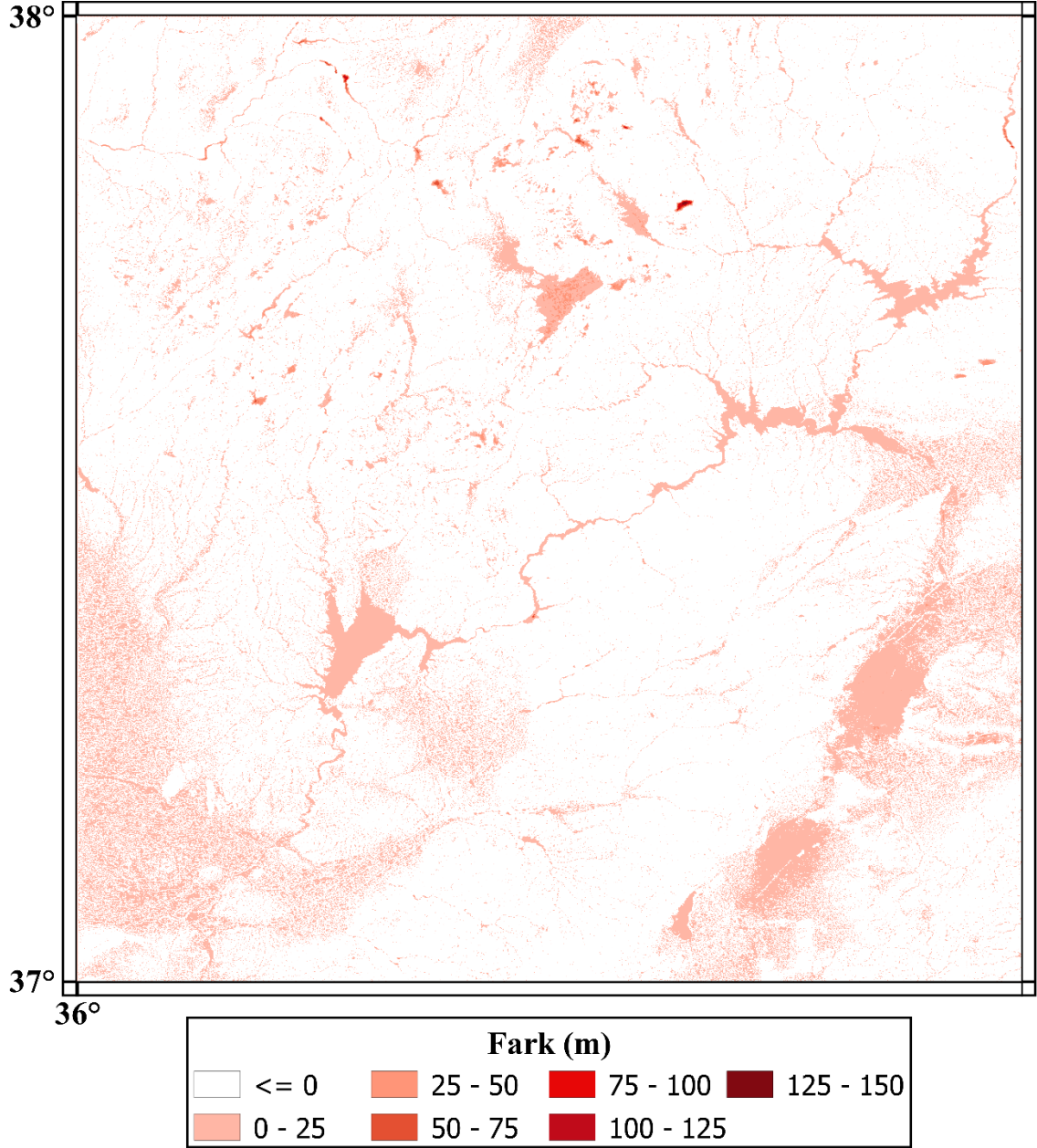
Şekil 4.144 ve Şekil 4.145'te çukur doldurma öncesi ve sonrası gölgeme uygulamaları gösterilmiştir. Çukur doldurma işlemi Fill Sinks (wang&liu) ile yapılmıştır. Şekil 4.145 ise elde edilen işlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki farkı göstermektedir.



Şekil 4.144: Veriye sadece gölgeleme yöntemi uygulanarak elde edilen harita



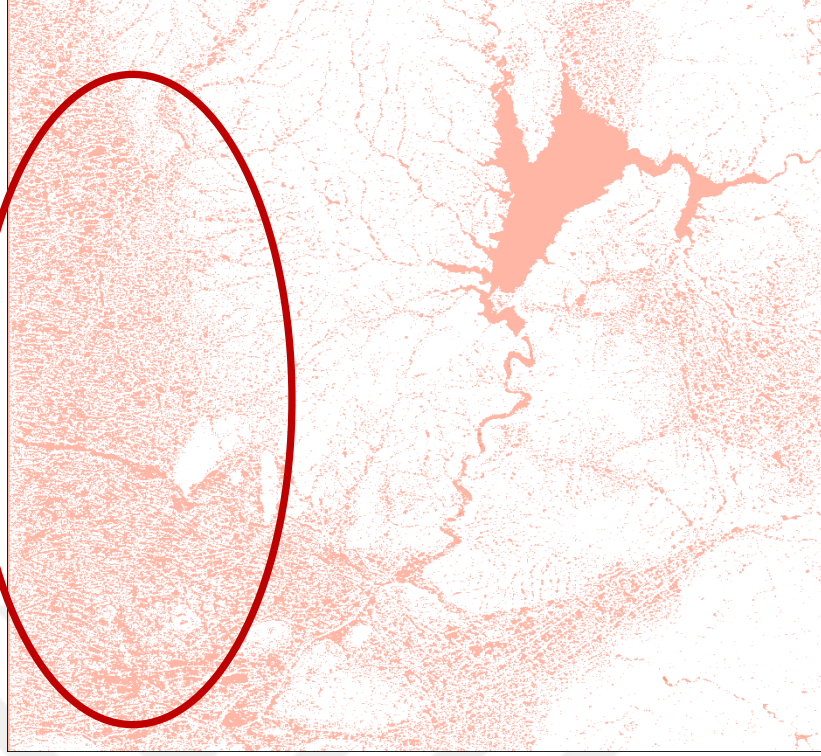
Şekil 4.145: Veriye önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanarak elde edilen harita



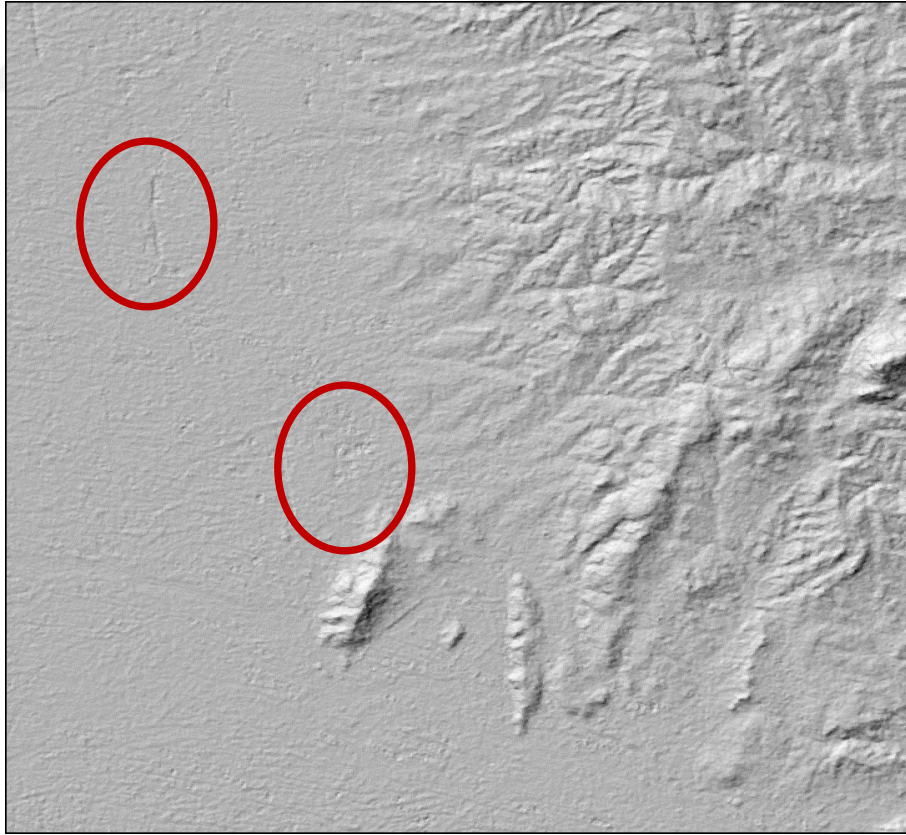
Şekil 4.146: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

Şekil 4.147’de fark haritasından alınan bir örnek gösterilmektedir. İncelenen kısım kırmızı daire içinde gösterilmiştir. Şekil 4.148 ve Şekil 4.149 çukur doldurma işlemi öncesi ve sonrası gölgeleme uygulamalarını göstermektedir.

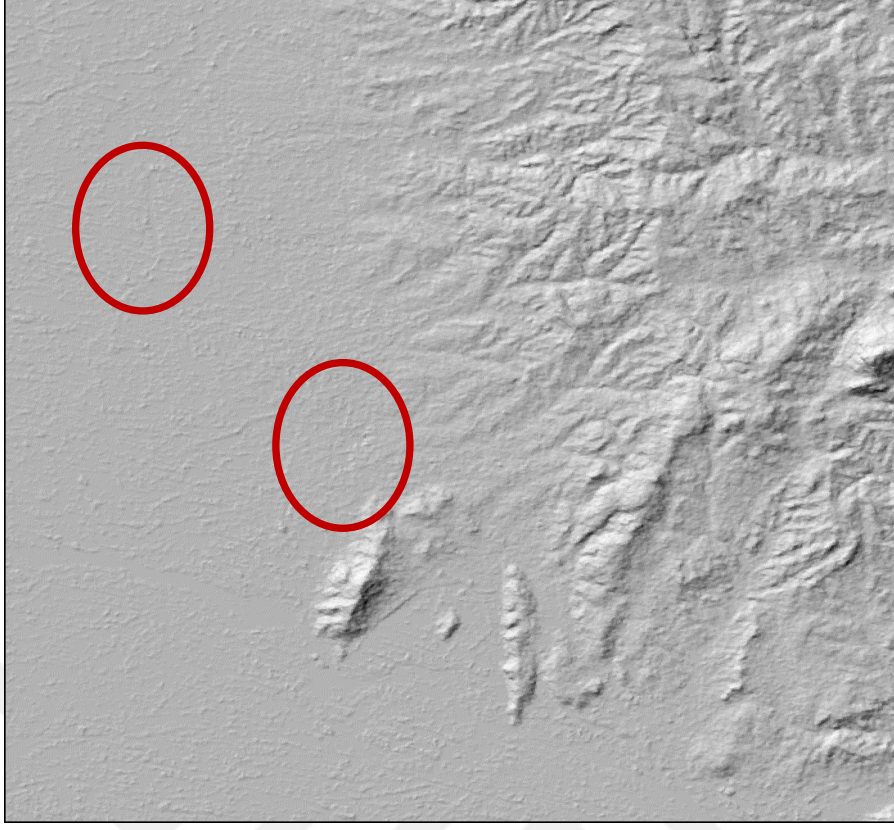
İki gölgeleme karşılaştırıldığı zaman SYM elde edilirken ortaya çıkan hatalardan kaynaklı çizgi şeklinde izler görülmektedir. Çukur doldurma işlemi sonrası bu çizgilerin neredeyse tamamen kaybolduğu ya da boşlukların kısmi olarak doldurulduğu görülmektedir. Yalnızca kırmızı daire içinde değil alanın tamamında düzleştirme söz konusudur. Gölgeleme açısından olumlu bir etki söz konusudur.



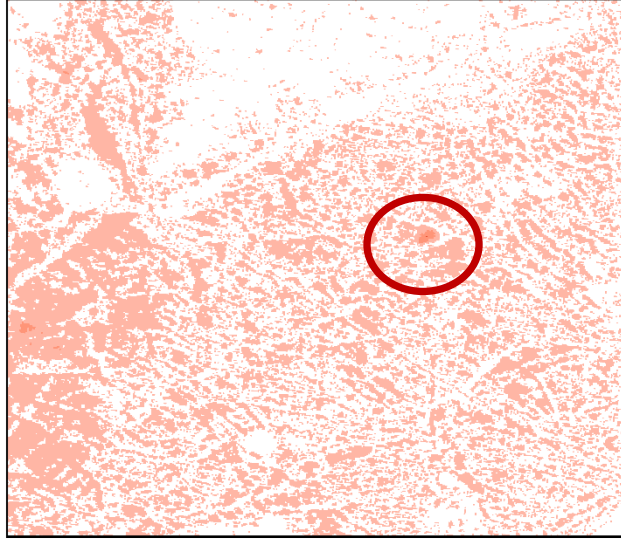
Şekil 4.147: Şekil 4.146'daki fark haritasından alınan bir örnek



Şekil 4.148: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

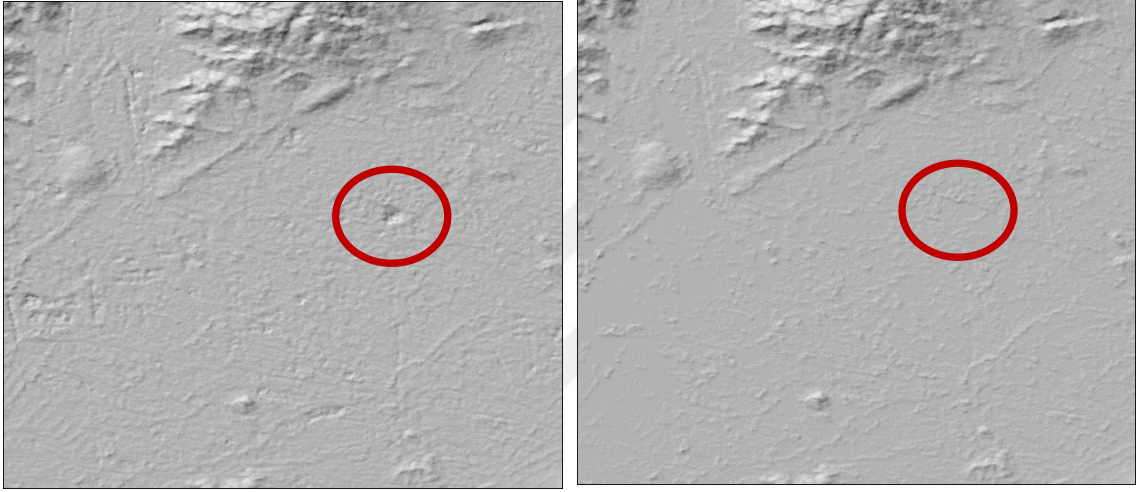


Şekil 4.149: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



Şekil 4.150: Şekil 4.146'daki fark haritasından alınan bir örnek

Şekil 4.150’de Fill Sinks (wang&liu) ile elde edilen fark haritasından bir başka örnek yer almaktadır. Alanın tamamında düzleştirme yapılmıştır. Fakat kırmızı daire içinde gösterilen alanda düzleştirme işlemi çevresine oranla daha fazladır. Çukur doldurma işlemi öncesi (Şekil 4.151/a) ve sonrası (Şekil 4.151/b) yapılan gölgelemelere bakıldığında bu alanın düzleştirildiği görülmektedir. Şekil 4.152 bu alana ait Google uydu haritasıdır. Alanda düzleştirme işlemini gerektirecek herhangi bir topoğrafik yapı bulunmamaktadır. Fakat bu görüntü elde edilirken yüksekliğini bilmediğimiz bir ağaç, direk vb. olabilir bu da SYM elde edilirken ortaya çıkan hatadan kaynaklı bir düzleştirme işlemini ortaya çıkarmıştır ve gölgelemeye olan etkisi olumludur.



(a)

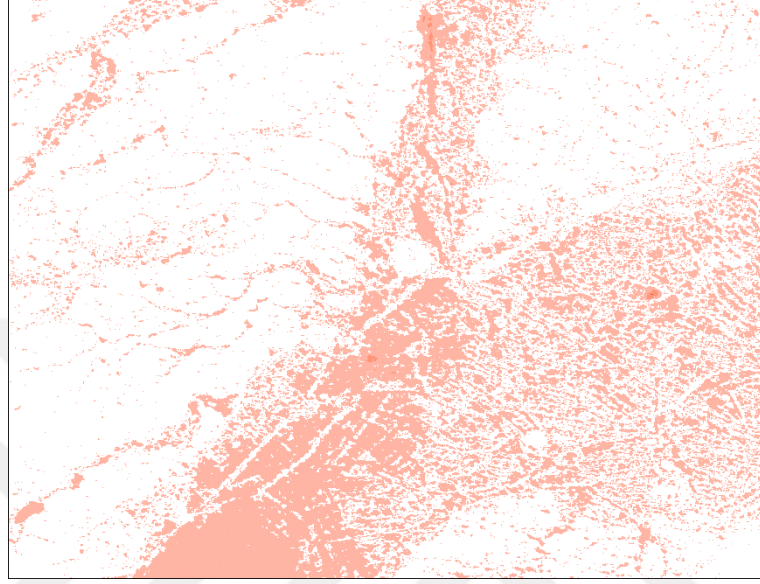
(b)

Şekil 4.151: Çukur doldurma işlemi öncesi (a) ve çukur doldurma işlemi sonrası gölgeleme (b)

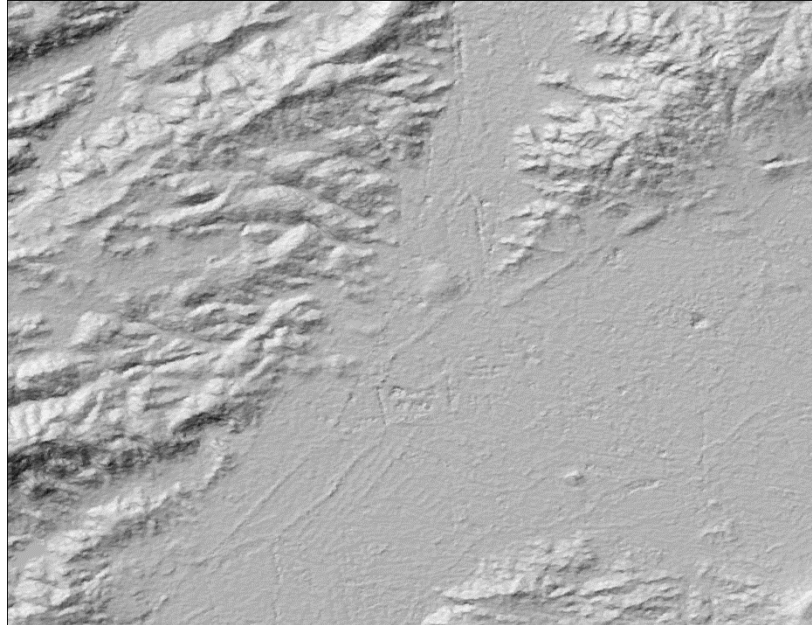


Şekil 4.152: Google uydu haritasından bakıldığında farkın denk geldiği alan

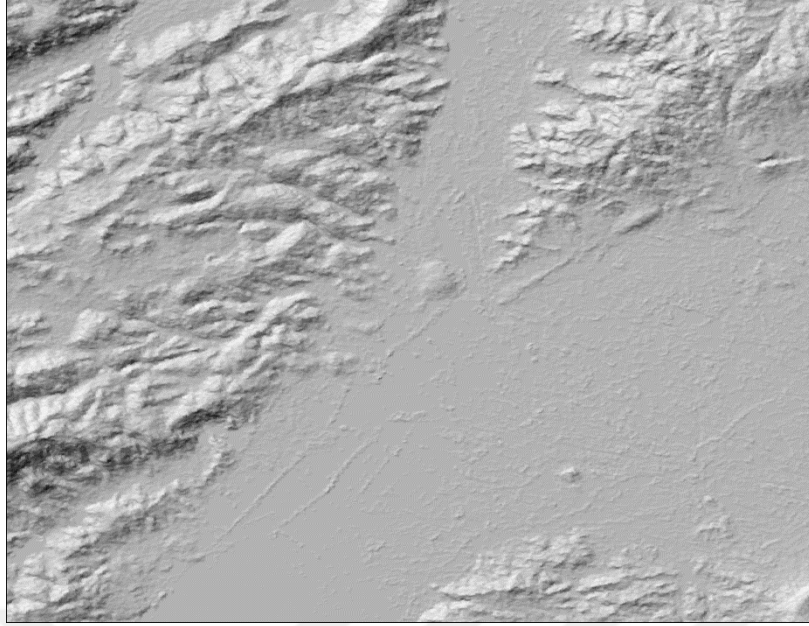
Şekil 4.153'te pembe renkli alanların yoğunlukta olduğu yerler incelenmiştir. Şekil 4.154 ve Şekil 4.155 çukur doldurma işlemi öncesi ve sonrası elde edilen gölgeleme uygulamalarıdır. İki harita arasında karşılaştırma yapıldığında dağınık halde bulunan çizikler ve küçük çukurların düzleştirilmiş olduğu görülmektedir.



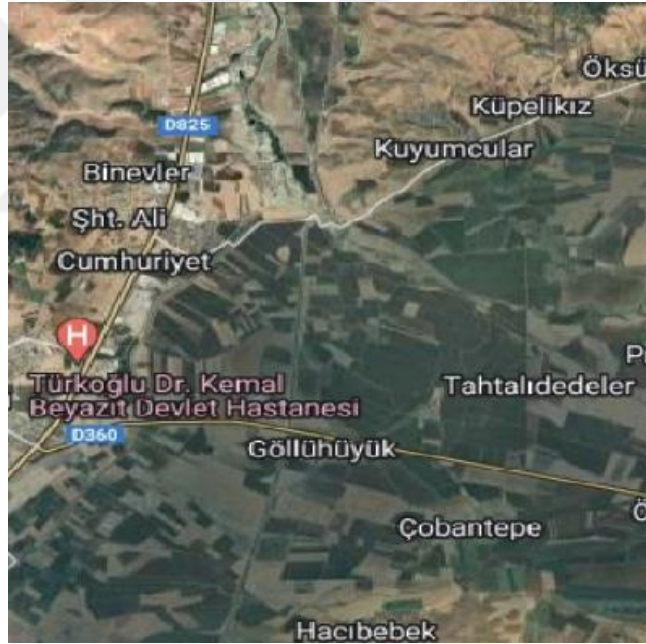
Şekil 4.153: Fill Sinks (wang&liu) ile hazırlanan fark haritasından alınan başka bir örnek



Şekil 4.154: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



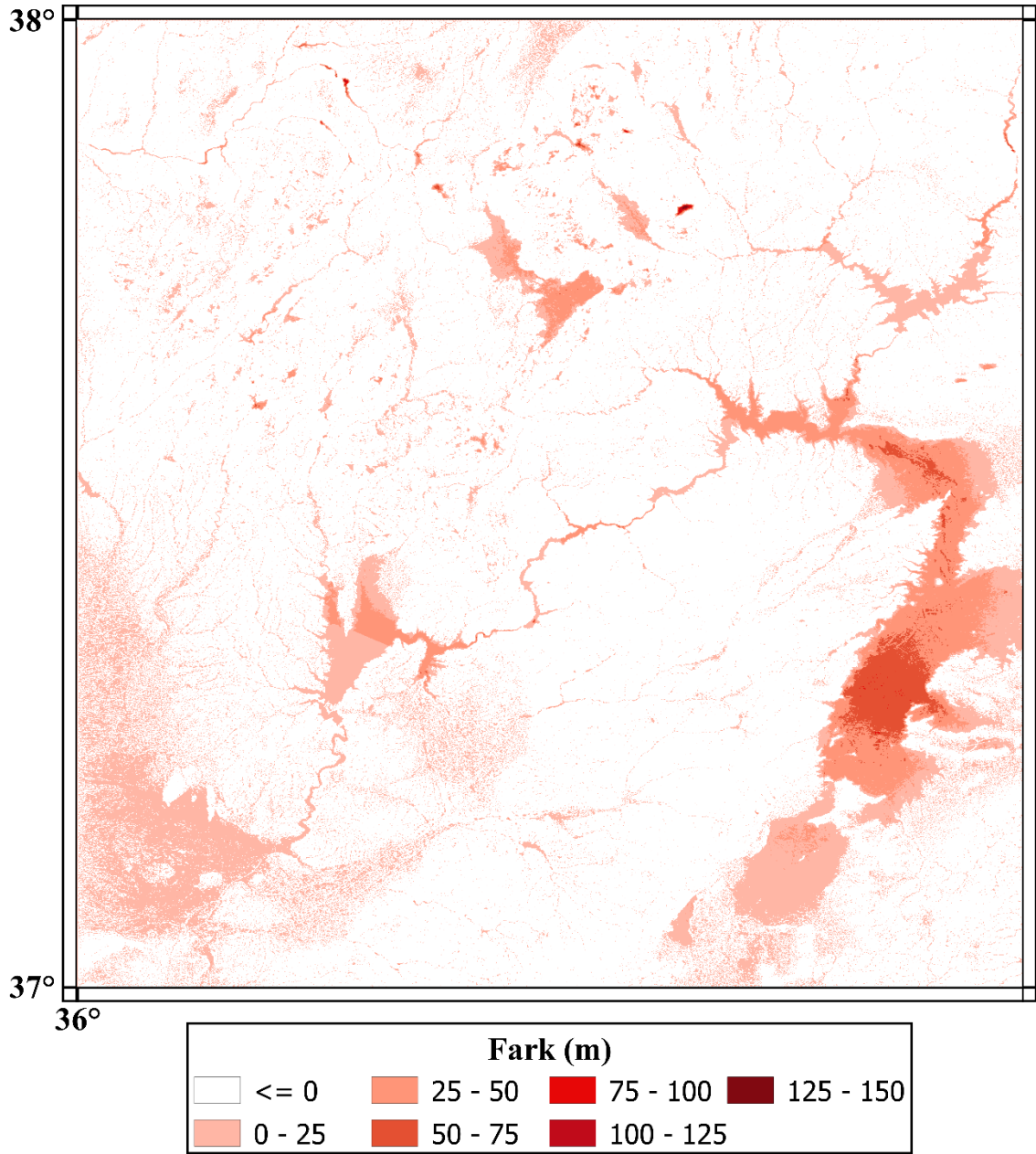
Şekil 4.155: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



Şekil 4.156: Google uydu haritasından bakıldığında farkın denk geldiği alan

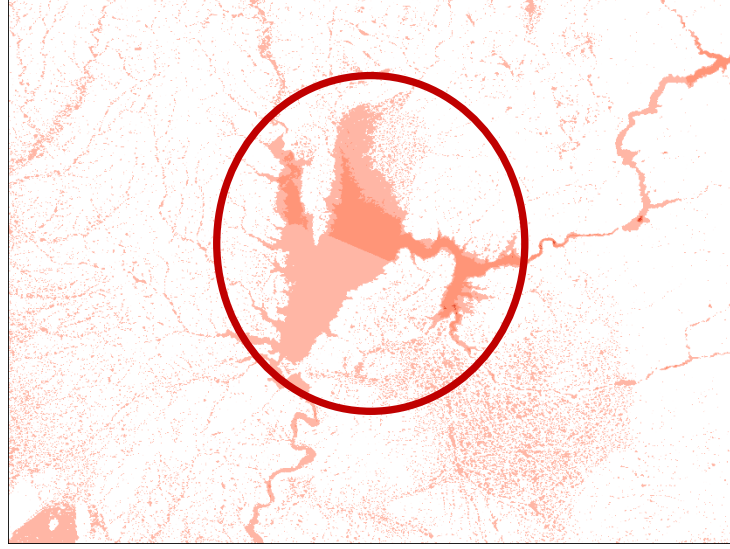
Şekil 4.156’da söz konusu yer tarım alanlarını içermektedir. Alan üzerine yakınlaştırma işlemi yapılmasına rağmen düzleştirme işleminin yapılmasını gerektirecek herhangi topoğrafik bir yapıya rastlanamamıştır. Yapılan bu çukur doldurma işleminin SYM hatalarından kaynaklandığı öngörülmektedir. Bu işlemin gölgelemeye olan etkisi ise olumludur.

4.7.2. Uygulama 20

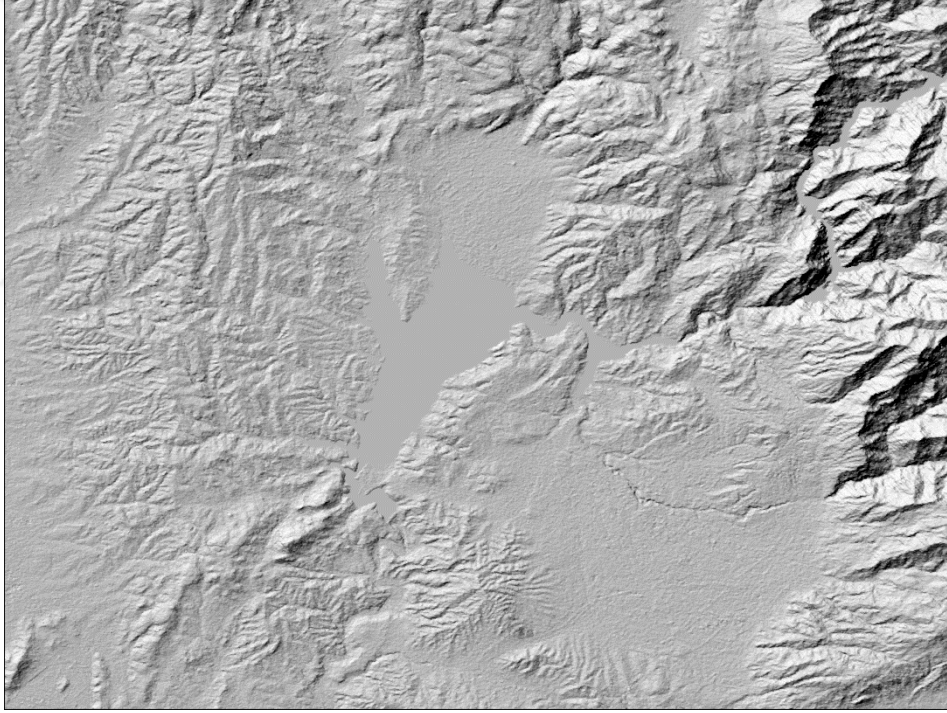


Şekil 4.157: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

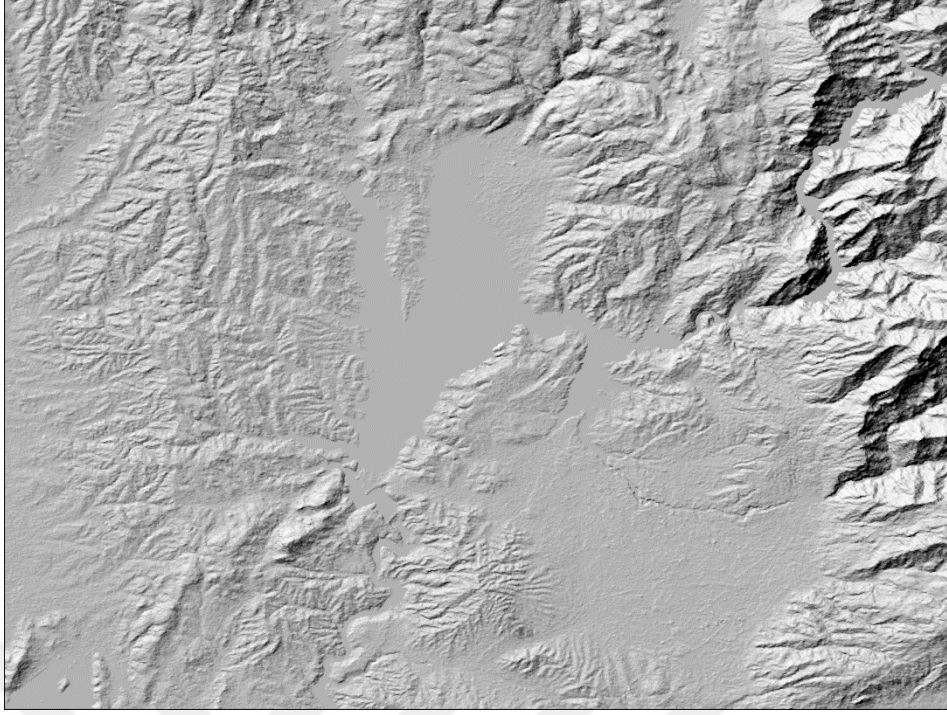
Şekil 4.157 Fill Sinks xxl kullanılarak elde edilen fark haritası yer almaktadır. Şekil 4.158’de elde edilen fark haritasından bir örnek gösterilmiştir. Şekil 4.159 ve Şekil 4.160 çukur doldurma işlemi öncesi ve sonrası gölgeleme uygulamalarını göstermektedir. İki harita arasında kırmızı daire içindeki alan için orta düzeyde bir değişim söz konusudur. Şekil 4.160’da alan içinde bir baraj yer almaktadır. Özellikle baraj kıyısına doğru yapılan çukur doldurma işlemi topoğrafyayı doğru yansıtmamaktadır. Dolayısıyla bu durum elde edilen gölgeleme için olumsuz olmaktadır.



Şekil 4.158: Şekil 4.157'deki fark haritasından alınan bir örnek



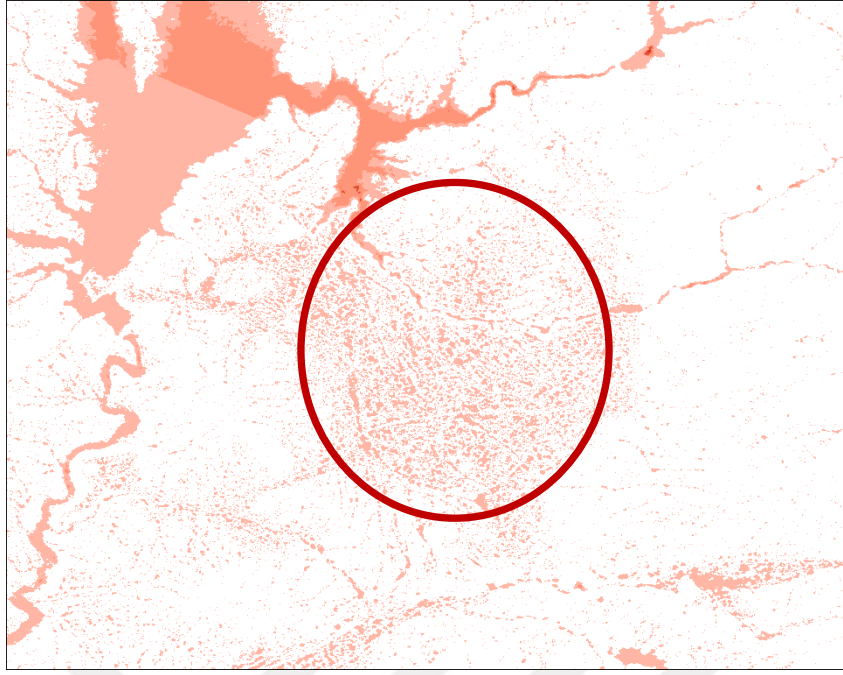
Şekil 4.159: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



Şekil 4.160: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

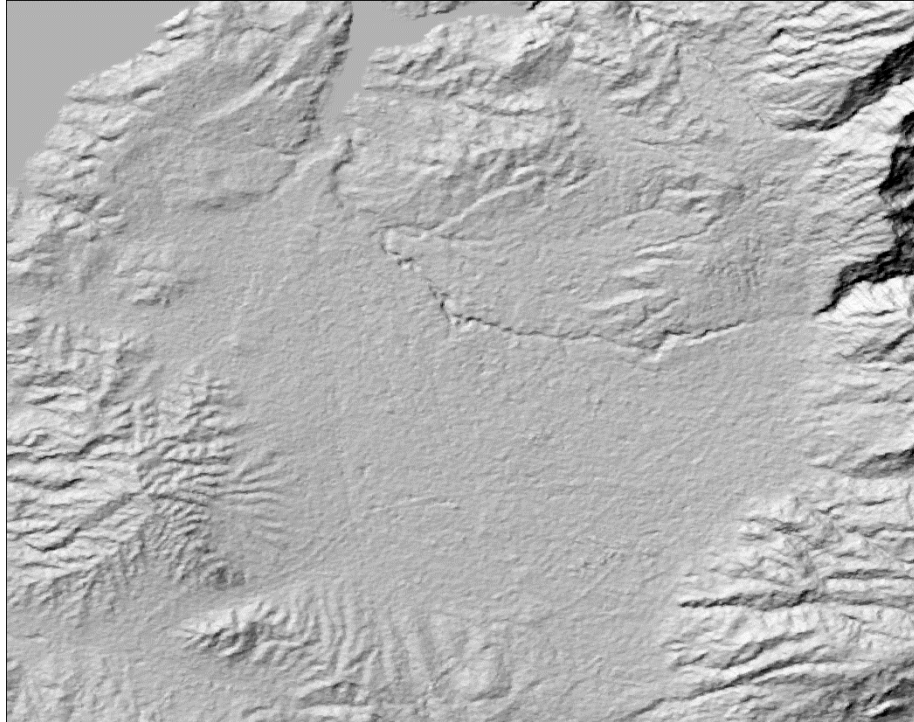


Şekil 4.161: Google uydu haritasından bakıldığında farkın denk geldiği alan

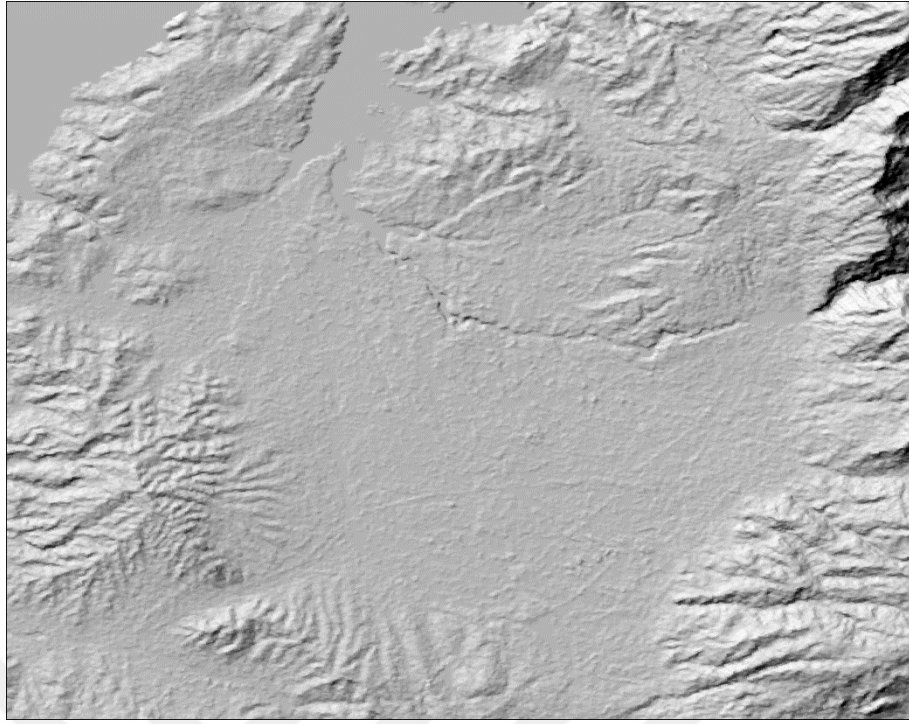


Şekil 4.162: Şekil 4.157'deki fark haritasından alınan bir örnek

Şekil 4.162'de Fill Sinks xxl ile oluşturulan fark haritasından alınan bir başka örnek yer almaktadır. Şekil 4.163 çukur doldurma öncesi gölgeleme ve Şekil 4.164 çukur doldurma işlemi sonrası elde edilen gölgeleme uygulamalarını göstermektedir.



Şekil 4.163: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



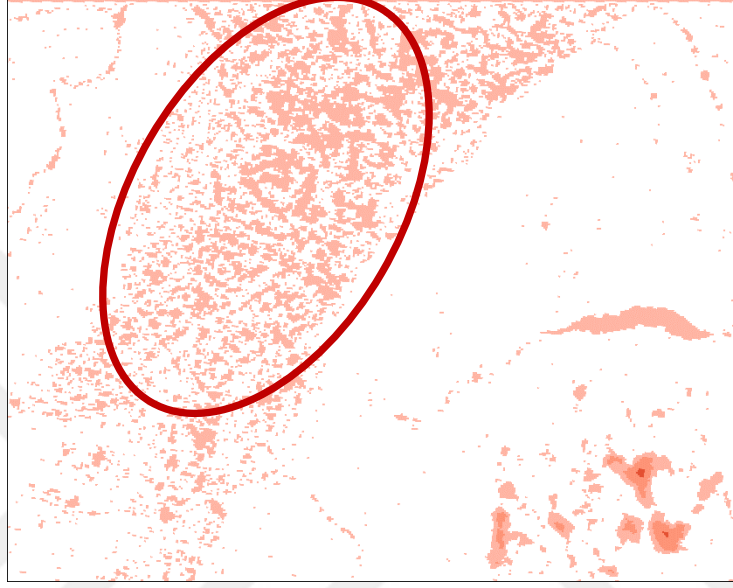
Şekil 4.164: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

Şekil 4.165'teki Google uydu haritasına bakıldığında zaman bu alan içinde yerleşim birimleri, kanallar ve tarım alanları olduğu görülmektedir. Bu alanda yapılacak olan çukur doldurma işlemi gölgelemeyi olumlu etkilemektedir. İşlemin gölgelemeye olan etkisini Şekil 4.163'te var olan küçük nokta şeklindeki çukurluklar ve çizgilerin Şekil 4.164'te düzleştirilmiş olmasından anlamak mümkün olmaktadır.

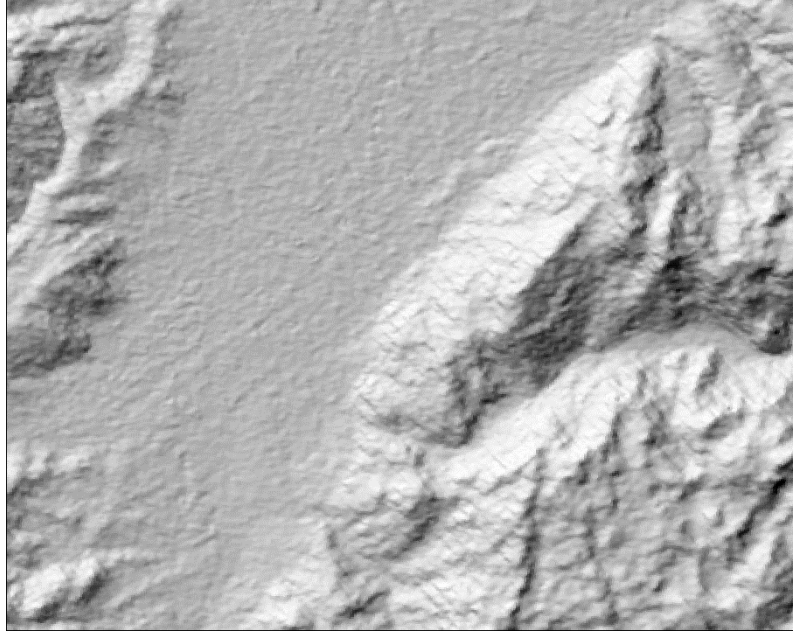


Şekil 4.165: Google uydu haritasından bakıldığında farkın denk geldiği alan

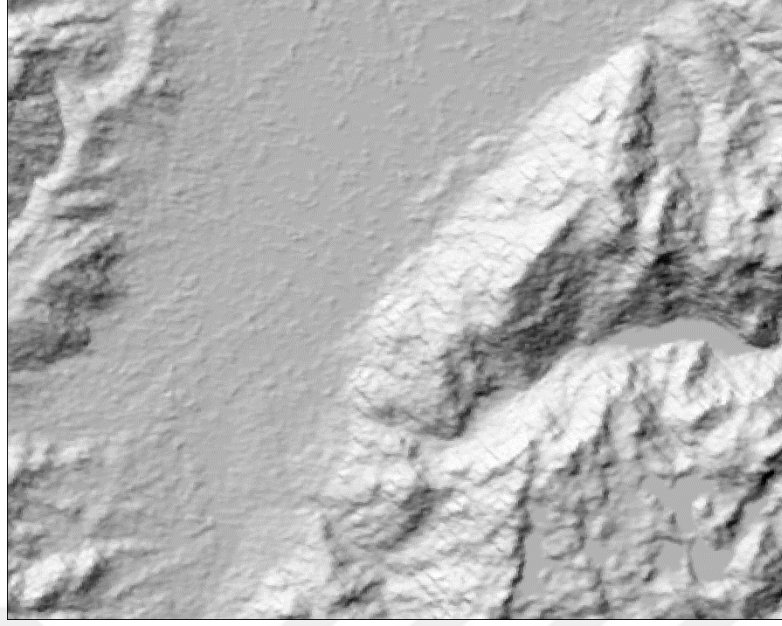
Şekil 4.166’da Fill Sinks xxl ile elde edilen fark haritasından alınan bir başka örnek yer almaktadır. Şekil 4.167 ve Şekil 4.168 çukur doldurma işlemi öncesi ve sonrası gölgeleme uygulamalarını göstermektedir. Şekil 4.169’dan da görüldüğü üzere değişimin olduğu yerler tarım alanları, yollar, tesisler içermektedir. Bu alanda çukur doldurma işleminin uygulanması gölgelemeyi olumlu etkilemektedir.



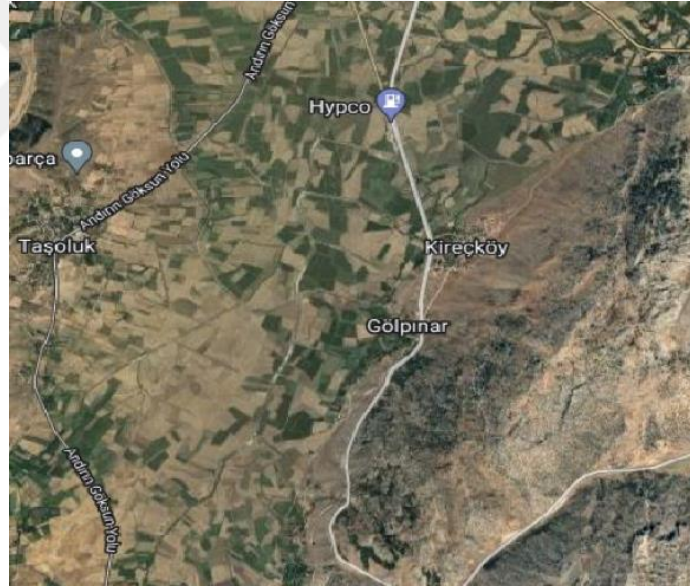
Şekil 4.166: Şekil 4.157’deki fark haritasından alınan bir örnek



Şekil 4.167: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



Şekil 4.168: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



Şekil 4.169: Google uydu haritasından bakıldığında farkın denk geldiği alan

Çizelge 4.12’de Bölge 4’e ait ASTER verisine çukur doldurma işlemlerinin uygulanması ile elde edilen farkların istatistiksel değerleri gösterilmiştir. İşlenmiş veri ile orijinal veri arasında farkın en büyük olduğu algoritma 147,57 m ile Fill Sinks xxl, farkın en küçük olduğu algoritma ise 146,15 m ile Fill Sinks (wang&liu) olmuştur. En büyük fark değeri iki algoritmada birbirine yakın değerdedir. Fakat Fill Sinks xxl’in ortalama fark değeri ve standart sapması Fill Sinks (wang&liu)’ya göre oldukça yüksektir. Çukur doldurma algoritmalarının ikisi de gölgelemeyi olumlu etkilemiştir. Fakat gölgeleme açısından en iyi sonuç Fill Sinks (wang&liu)’dan alınmıştır.

Çizelge 4.12: Bölge 4 (ASTER) verisi kullanılarak elde edilen farkların istatistiksel değerleri

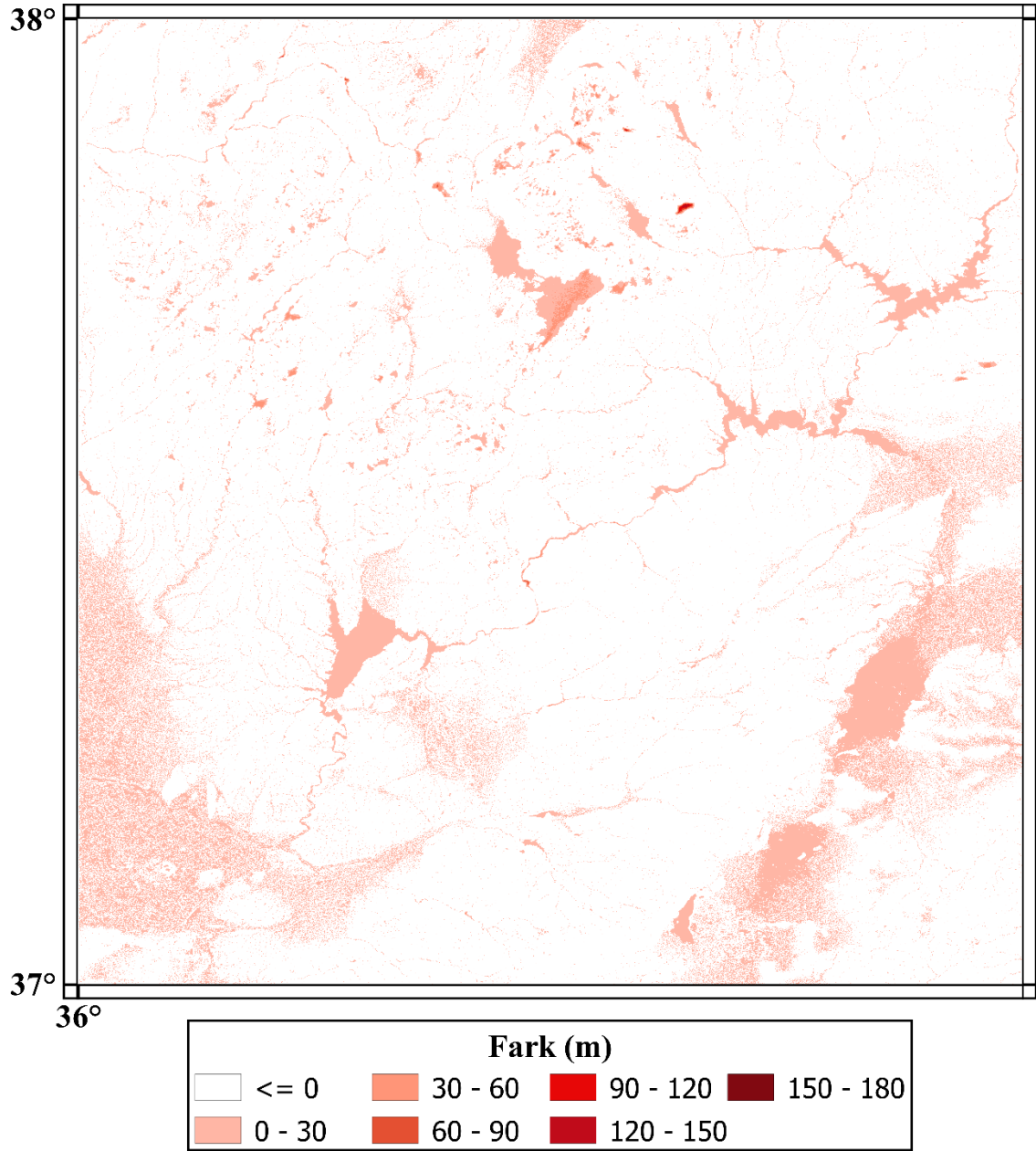
UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Uygulama 19	146,15	0,47	2,29
Uygulama 20	147,57	2,93	8,10

4.8. Bölge 4 (SRTM)

Bölge 4 için SRTM verisi kullanılarak Fiil Sinks (wang&liu), Fill Sinks xxl ve r.fill.dir algoritmaları ile çukur doldurma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra hem işlenmiş veriye hem de orijinal veriye gölgeleme işlemi uygulanarak incelemeler yapılmıştır.

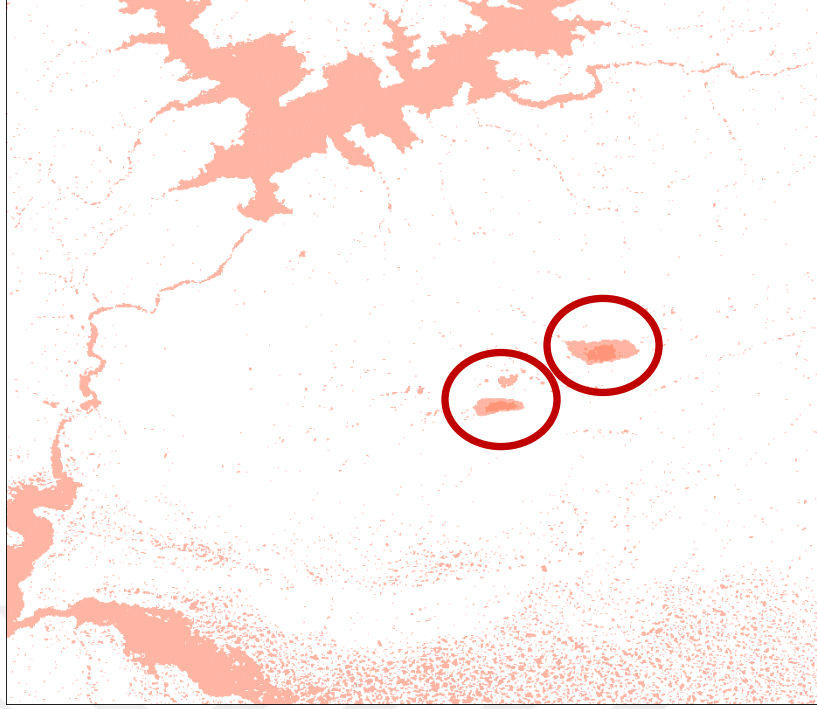
4.8.1. Uygulama 21

Son bölgeye ait SRTM verisi kullanılarak çukur doldurma işlemi gerçekleştirilmiş ve Şekil 4.170’de gösterilmiştir. Çukur doldurma işlemi için Fill Sinks (wang&liu) kullanılmıştır.

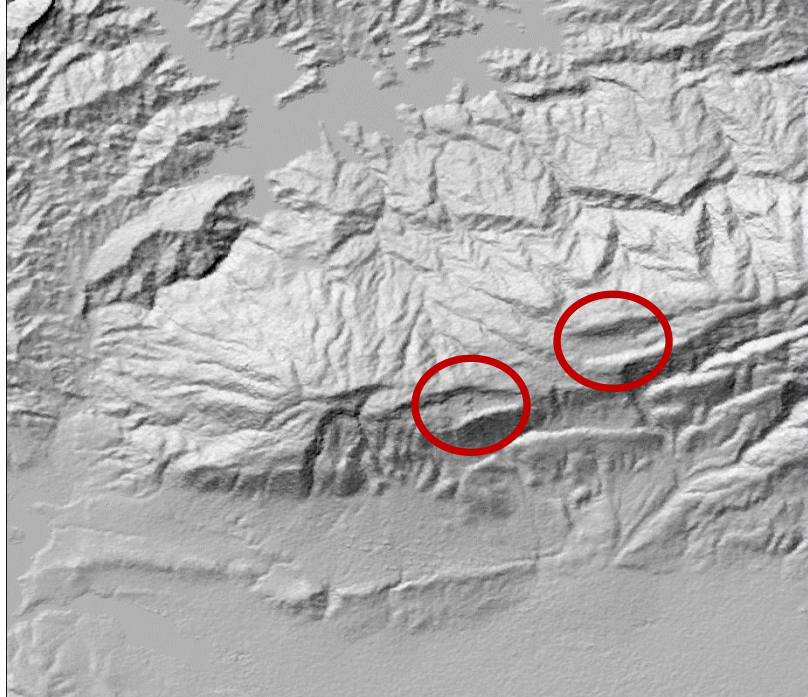


Şekil 4.170: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

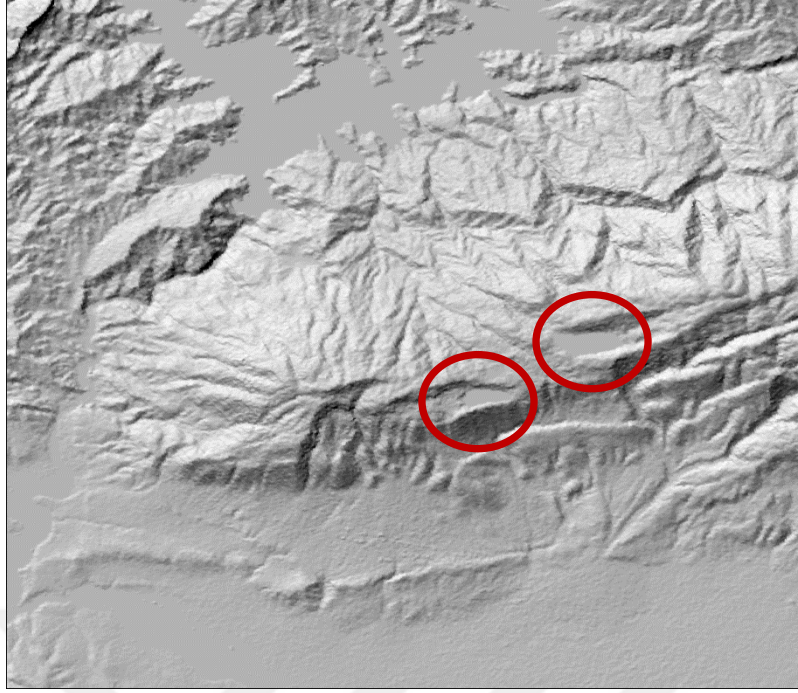
Şekil 4.171’de fark haritasından alınan bir örnek gösterilmiştir. Kırmızı daire içinde gösterilen alanlar düzleştirmenin orta düzeyde olduğu yerlerdendir. Yapılan çukur doldurma işleminin gölgelemeye olan etkisi için Şekil 4.172 ve Şekil 4.173 arasında karşılaştırma yapılmıştır. Şekil 4.174’te bu alanların iki adet göl içerdiği görülmektedir. Su kütlesi içeren yerlerde (deniz hariç) yapılan çukur doldurma işlemi gölgeleme açısından olumsuzdur.



Şekil 4.171: Şekil 4.170’de yer alan farklardan bir kesit



Şekil 4.172: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



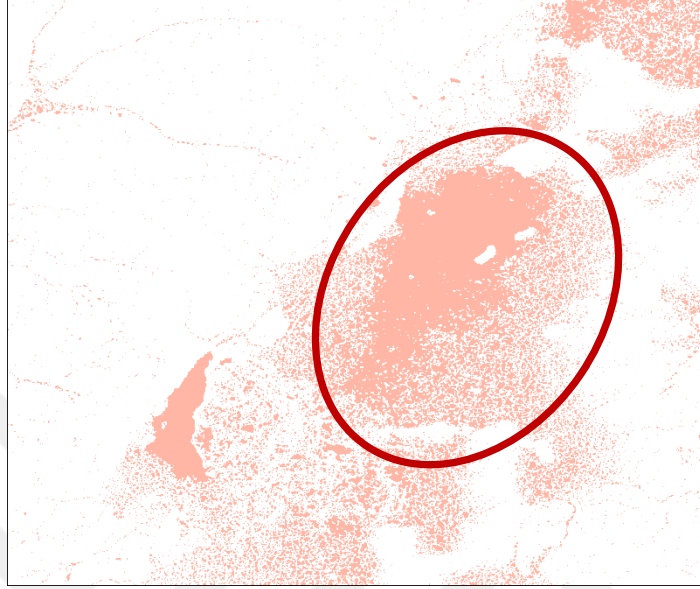
Şekil 4.173: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



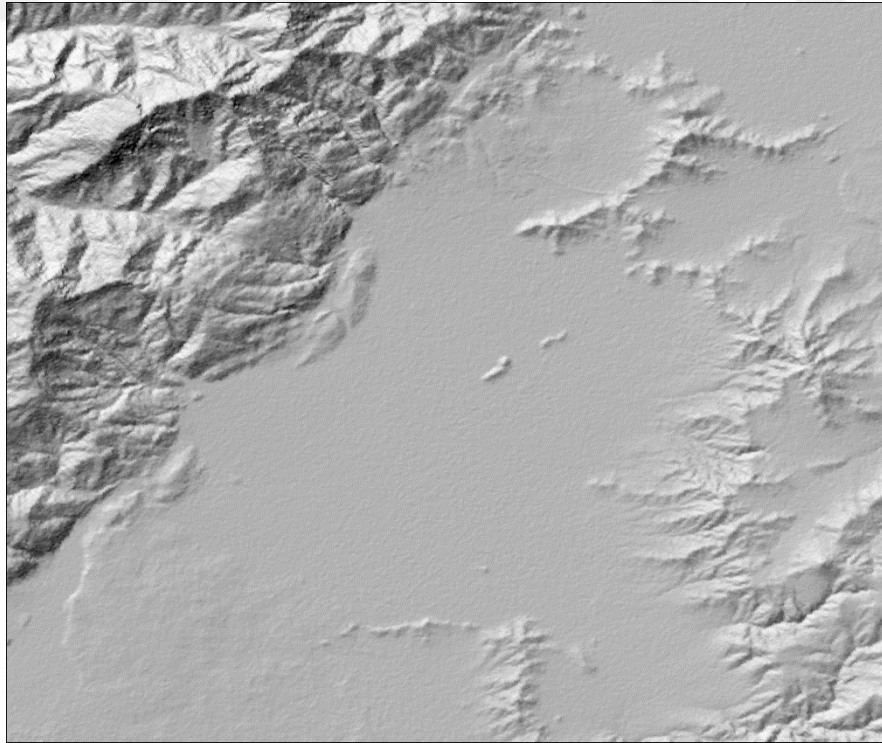
Şekil 4.174: Google uydu haritasından bakıldığında farkın denk geldiği alan

Şekil 4.175'te Fill Sinks (wang&liu) algoritması ile oluşturulan fark haritasından alınan bir örnek yer almaktadır. Bu örneğe ait çukur doldurma işlemi öncesi ve sonrası gölgeleme uygulamaları Şekil 4.176 ve Şekil 4.177'de verilmiştir.

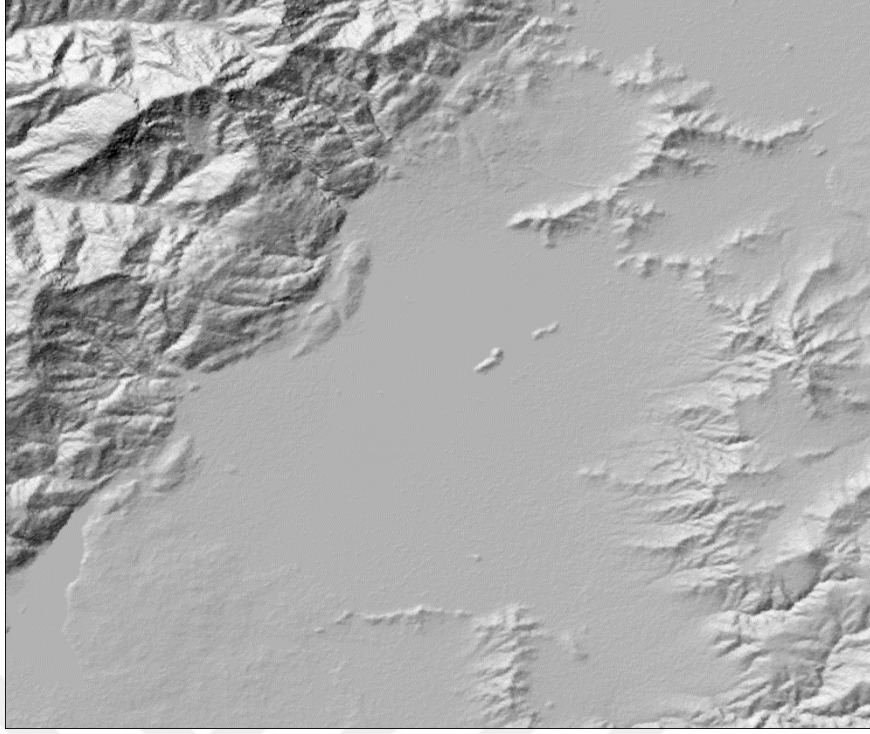
Kırmızı daire içindeki alanda küçük miktarda bir değişim söz konusudur. Şekil 4.178’de bu alanda su kanalları, tarım alanları, yollar ve dağınık yerleşim birimleri görölmektedir. Dolayısıyla yapılan çukur doldurma işleminin gölgelemeyi olumlu yönde etkilemektedir.



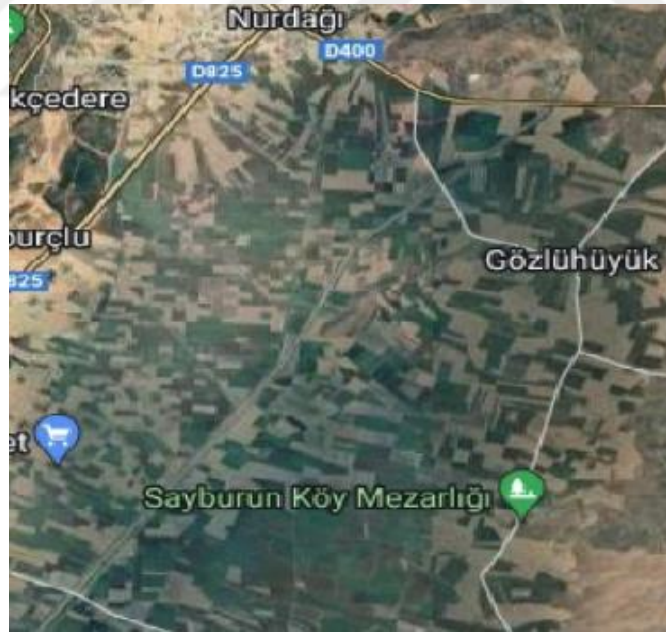
Şekil 4.175: Şekil 4.170’de yer alan farklardan bir kesit



Şekil 4.176: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

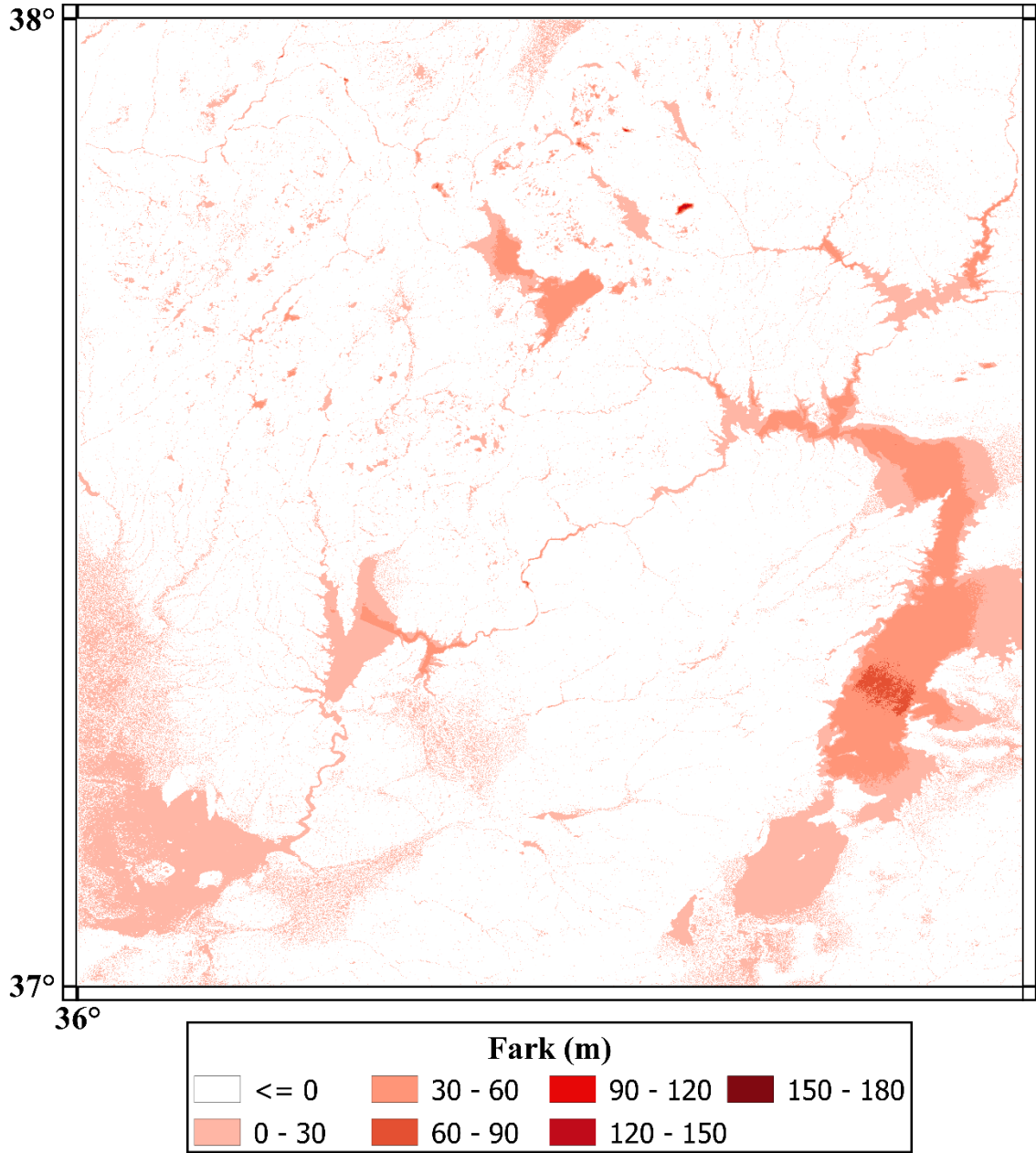


Şekil 4.177: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



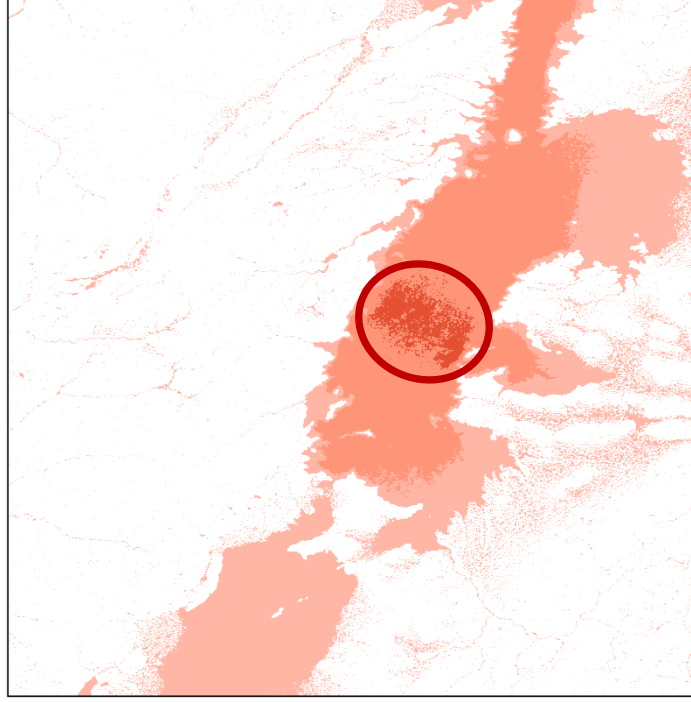
Şekil 4.178: Google uydu haritasından bakıldığında farkın denk geldiği alan

4.8.2. Uygulama 22

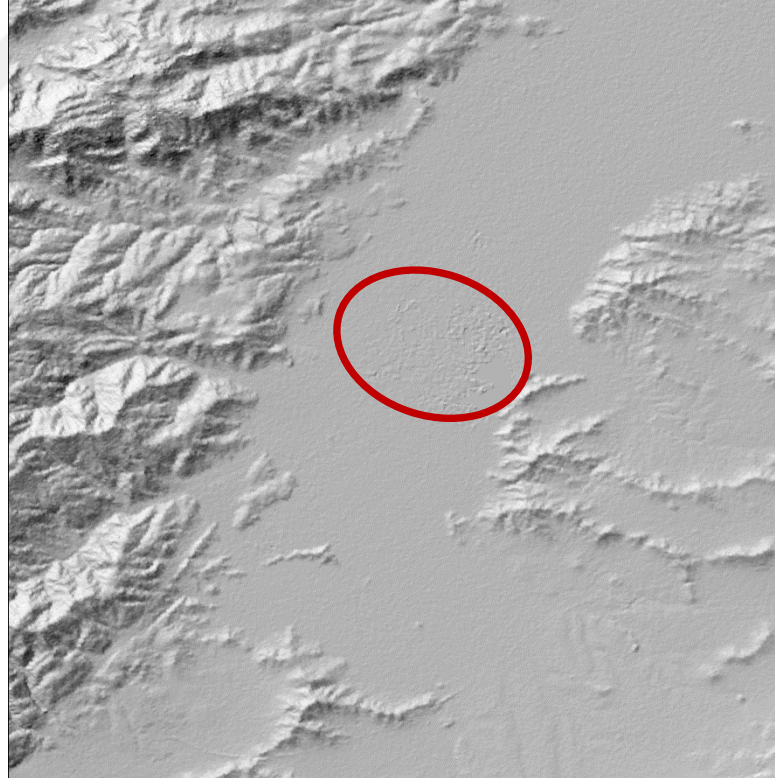


Şekil 4.179: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark

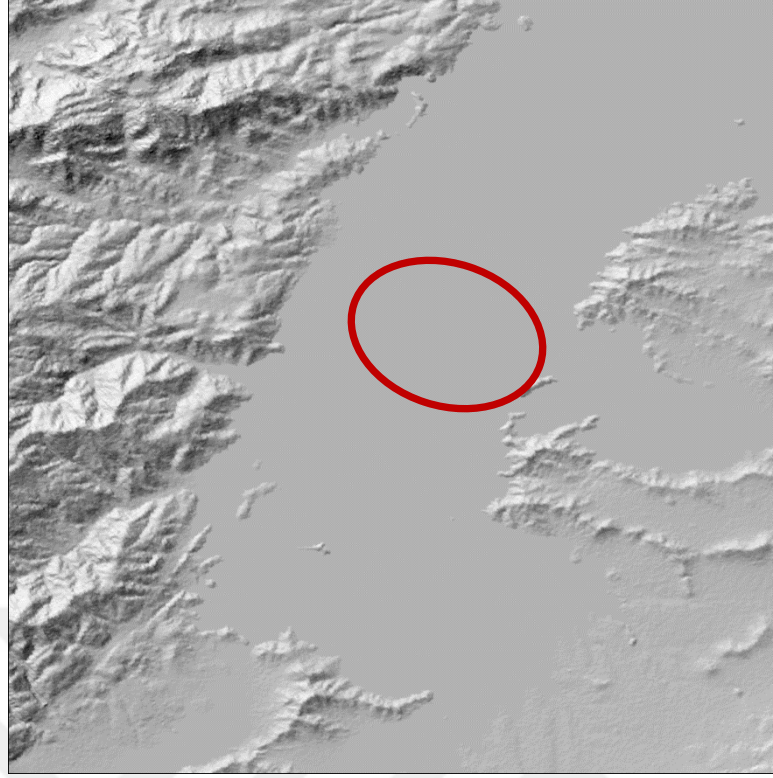
Şekil 4.179’da Fill Sinks xxl kullanılarak çukur doldurma işlemi gerçekleştirilmiş ve elde edilen fark haritası gösterilmiştir. Şekil 4.180’de Fill Sinks xxl ile hazırlanan fark haritasından bir örnek yer almaktadır.



Şekil 4.180: Şekil 4.179’da yer alan fark haritasından bir örnek

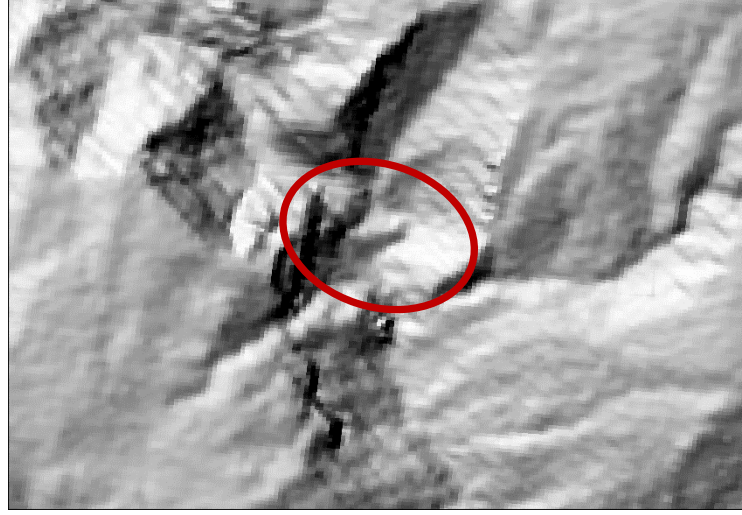


Şekil 4.181: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

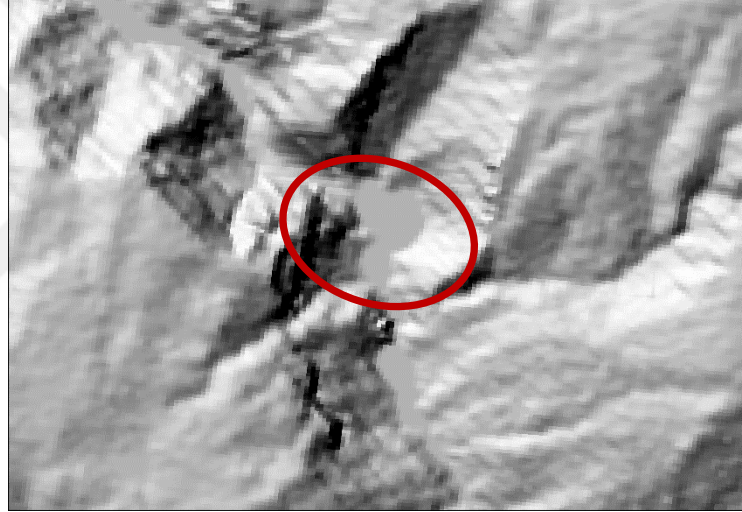


Şekil 4.182: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

Kırmızı daire içinde gösterilen alanda çevresine oranla çok daha fazla miktarda düzleştirme işlemi uygulanmıştır. Google uydu haritasından bu alana bakıldığı zaman sadece tarım alanlarının yer aldığı görülmektedir. Tarım alanlarının varlığı da bu miktarda bir düzleştirme işlemini gerektirmemektedir. Fakat daha detaylı bir inceleme yapıldığı zaman anız yakımı vb. bir işlemten ötürü tarlaların siyah ya da siyaha yakın bir renkte olduğu görülmektedir. Bu da söz konusu alanların çukur gibi algılanmasına neden olabilmektedir. SYM elde edilirken ortaya çıkan bu hata için çukur doldurma işleminin uygulanması topoğrafyayı doğru yansıtır. Dolayısıyla elde edilen gölgeleme olumlu etkilenmektedir.



Şekil 4.185: Verinin sadece gölgeleme yöntemi uygulanmış hali



Şekil 4.186: Verinin önce çukur doldurma daha sonra gölgeleme yöntemi uygulanmış hali

Şekil 4.185 ve Şekil 4.186 karşılaştırıldığında orta düzeyde bir düzleştirme işleminin olduğu görülmektedir. Gölgeleme açısından bakıldığında bu düzleştirme işlemi net olarak görüntülenebilmektedir. Google uydu haritasından bakıldığında bu alanın çevresine göre daha çukurda kaldığı ve düzlük bir alan olduğu görülmektedir. Böyle bir alanda çukur doldurma işleminin uygulanması gerçeği yansıtmamaktadır. Bu yüzden burada uygulanan çukur doldurma işlemi gölgeleme açısından olumsuzdur.



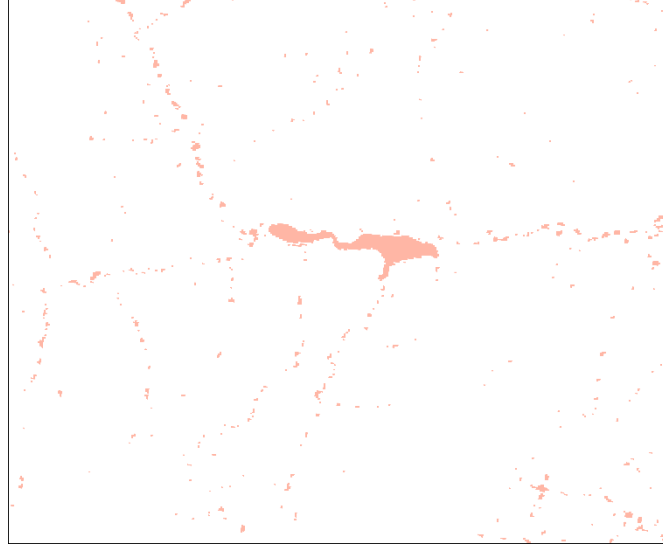
Şekil 4.187: Google uydu haritasından bakıldığında farkın denk geldiği alan

4.8.3. Uygulama 23

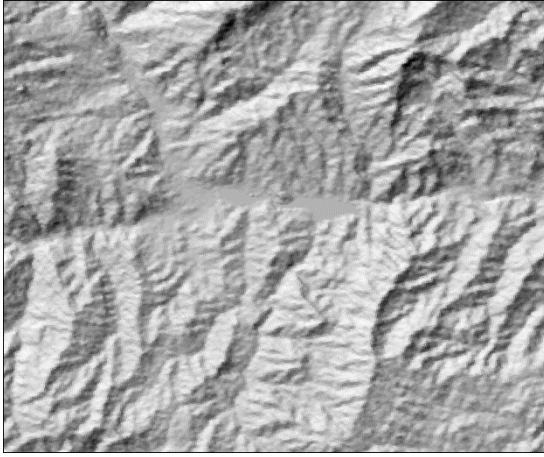
İşlenmiş veri ile orijinal veri arasında elde edilen fark haritası Şekil 4.188’de gösterilmiştir. Fakat r.fill.dir ile yapılan çukur doldurma işleminin gölgelemede belirgin bir değişime neden olmadığı sonucuna varılmıştır. Bununla ilgili örnek ise Şekil 4.189’da yer almaktadır.



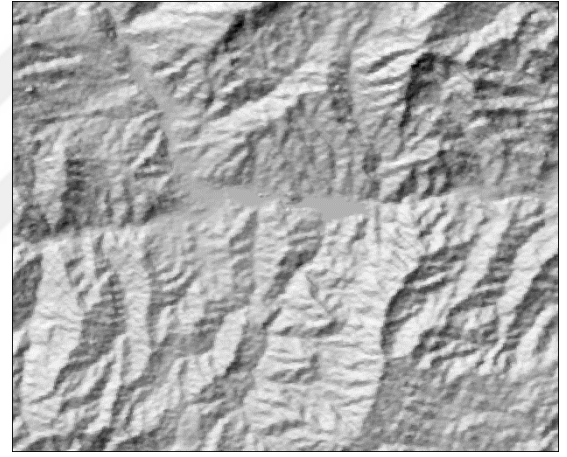
Şekil 4.188: İşlenmiş veri ile orijinal veri arasındaki fark



Şekil 4.189: GRASS ile yapılan fark haritasından bir örnek



(a)



(b)

Şekil 4.190: Çukur doldurma işlemi öncesi gölgeleme (a) ve çukur doldurma işlemi sonrası gölgeleme (b)

Şekil 4.190’da görüldüğü üzere r.fill.dir ile yapılan çukur doldurma işleminin gölgeleme üzerinde belirgin bir etkisi olmamıştır. Dolayısıyla uygulanan çukur doldurma işlemi gölgelemeyi olumlu yönde etkiler denilememektedir. Fakat düzleştirme miktarı artırılırsa daha iyi sonuçlar elde edilecektir.

Çizelge 4.13’de Bölge 4’e ait SRTM verisi kullanılarak yapılan çukur doldurma işlemleri neticesinde elde edilen farkların istatistiksel değerleri yer almaktadır. Farklara ait en büyük değer 154,55 m ile Fill Sinks xxl’de farklara ait en küçük değer ise 76,0 m ile r.fill.dir’de elde edilmiştir. Aynı şekilde ortalama fark değeri ve standart sapması en büyük olan Fill

Sinks xxl çukur doldurma algoritmasıdır. Bölgenin büyük bir kısmı için gölgelemeyi en çok olumlu etkileyen Fill Sinks (wang&liu) olmuştur. Bunun yanı sıra bazı alanlar için Fill Sinks xxl'in kullanılması gölgeleme açısından olumlu bir sonuç vermiştir. Fakat bu bölgeye ait SRTM verisi ile yapılan r.fill.dir işlemi gölgeleme açısından herhangi bir fark yaratmamıştır.

Çizelge 4.13: Bölge 4 (SRTM) verisi kullanılarak elde edilen farkların istatistiksel değerleri

UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Uygulama 21	153,15	0,36	2,52
Uygulama 22	154,55	2,22	8,35
Uygulama 23	76,0	0,03	0,43

4.9. Tartışma

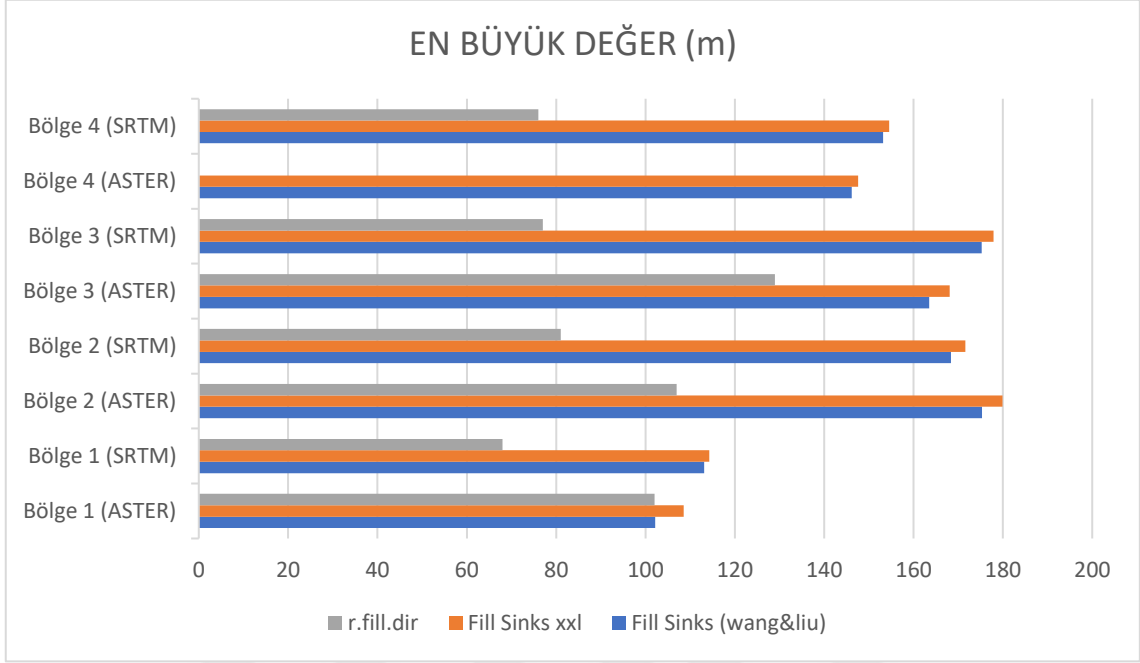
Çizelge 4.14'te çalışma kapsamında kullanılan 4 bölgenin ASTER ve SRTM verilerine uygulanan çukur doldurma işlemleri sonucunda elde edilen farkların istatistiksel değerleri yer almaktadır. Bölge bazında bakıldığında tüm bölgelerde en büyük fark değeri, en büyük ortalama fark değeri ve en büyük standart sapma Fill Sinks xxl algoritması kullanıldığında elde edilmiştir. Diğer yandan en küçük fark değeri, en küçük ortalama fark değeri ve en küçük standart sapma ise r.fill.dir algoritması kullanıldığında elde edilmiştir. Genel itibariyle gölgeleme açısından en iyi sonuçlar Fill Sinks (wang&liu) algoritması ile elde edilmiştir. Birçok alan için bu algoritma gölgelemeyi iyileştirici etki yaratmaktadır. Fakat bazı alanlarda Fill Sinks xxl'de olduğu gibi aşırı miktarda düzleştirme yaptığı görülmüştür ama bu durum Fill Sinks xxl'e göre daha azdır. Fill Sinks xxl, bazı alanlarda çok fazla düzleştirme işlemi uygulamasından dolayı gerçek topoğrafyayı olduğundan farklı gösterme eğilimi göstermektedir. Bu da gölgeleme açısından olumsuz bir sonuç doğurmaktadır. Diğer bir çukur doldurma algoritması olan r.fill.dir ise bölgelerin tamamı baz alındığında gölgeleme açısından yetersiz kalmaktadır. Çünkü çoğu alan için neredeyse hiçbir değişim gözlemlenememiştir.

Çizelge 4.14: 4 bölgenin ASTER ve SRTM verilerine uygulanan çukur doldurma işlemleri sonucu elde edilen farkların istatistiksel değerleri

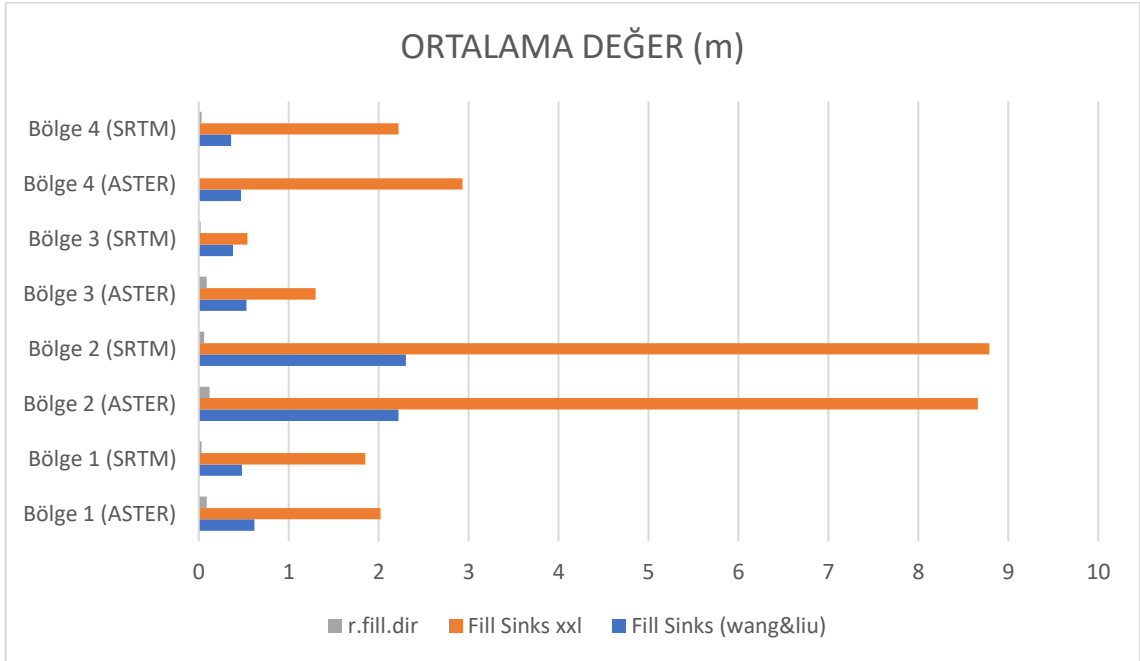
	UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
BÖLGE 1 (ASTER)	Uygulama 1	102,15	0,62	5,54
	Uygulama 2	108,54	2,02	8,54
	Uygulama 3	102,0	0,09	0,80
BÖLGE 1 (SRTM)	Uygulama 4	113,12	0,48	5,22
	Uygulama 5	114,26	1,85	8,28
	Uygulama 6	68,0	0,03	0,38
BÖLGE 2 (ASTER)	Uygulama 7	175,35	2,22	10,75
	Uygulama 8	179,88	8,66	21,62
	Uygulama 9	107,0	0,12	1,13
BÖLGE 2 (SRTM)	Uygulama 10	168,35	2,30	11,10
	Uygulama 11	171,58	8,79	22,09
	Uygulama 12	81,0	0,06	0,84
BÖLGE 3 (ASTER)	Uygulama 13	163,51	0,53	4,47
	Uygulama 14	168,12	1,30	5,57
	Uygulama 15	129,0	0,09	0,79
BÖLGE 3 (SRTM)	Uygulama 16	175,29	0,38	4,83
	Uygulama 17	177,94	0,54	5,37
	Uygulama 18	77,0	0,02	0,41
BÖLGE 4 (ASTER)	Uygulama 19	146,15	0,47	2,29
	Uygulama 20	147,57	2,93	8,10
BÖLGE 4 (SRTM)	Uygulama 21	153,15	0,36	2,52
	Uygulama 22	154,55	2,22	8,35
	Uygulama 23	76,0	0,03	0,43

4 bölgenin ASTER ve SRTM verilerine uygulanan çukur doldurma işlemleri sonucu elde edilen farkların istatistiksel değerleri Grafik 4.1, Grafik 4.2 ve Grafik 4.3’de gösterilmiştir.

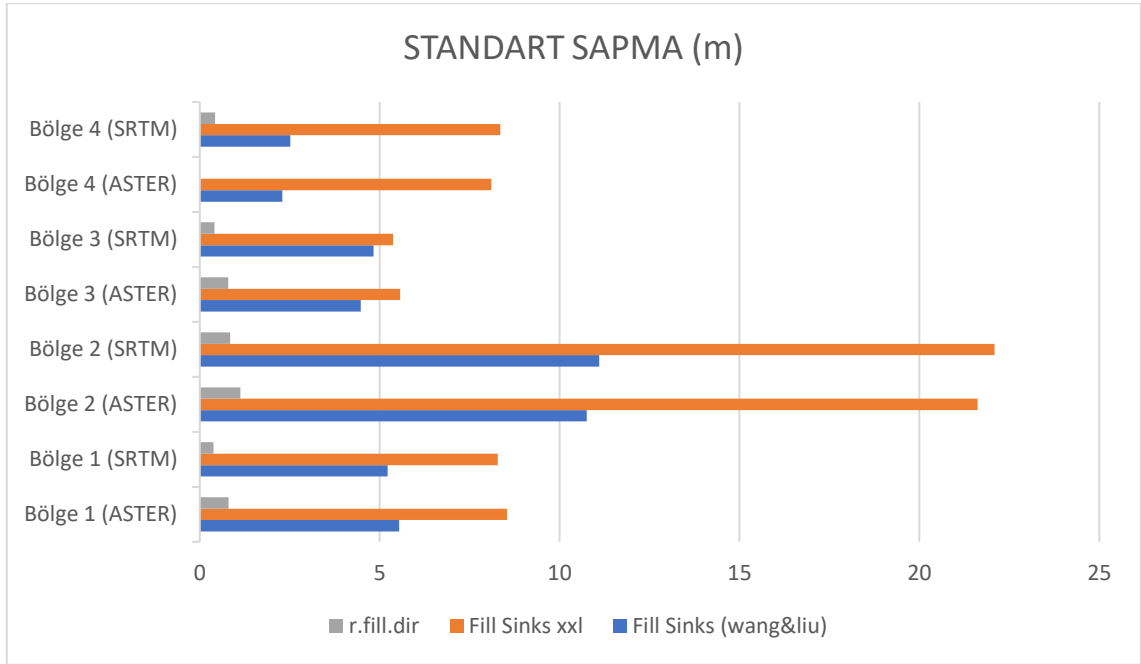
Grafik 4.1: Çukur doldurma algoritmaları ile elde edilen en büyük değerler



Grafik 4.2: Çukur doldurma algoritmaları ile elde edilen ortalama değerler



Grafik 4.3: Çukur doldurma algoritmaları ile elde edilen standart sapmalar



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada yeryüzünün gösteriminde kullanılan farklı metotlara değinilmiş bu metotlardan en güncel olan gölgeleme yöntemi üzerinde durulmuştur. Gölgeleme yöntemi detaylı olarak araştırılmış ve incelenmiştir. Gölgeleme yönteminde kullanılan veriler, aydınlanma değerinin belirlenmesinde kullanılan geometrik hesaplamalar ve gölgelemeyi etkileyen faktörler üzerinde durulmuştur. Daha sonra çukur doldurma algoritmalarının SYM’de yol açtıkları değişimler incelenmiş ve çukur doldurma algoritmaları ile yapılan iyileştirmenin gölgeleme yöntemi üzerindeki etkilerine bakılmıştır. Bunun için 3 farklı çukur doldurma algoritması kullanılmıştır. Her algoritma çukur doldurma işlemi için farklı miktarlarda düzeltme uygulamaktadır. Düzeltme yani SYM üzerinde yapılan iyileştirme miktarı değıştikçe elde edilen gölgeleme de farklı olmaktadır.

Çukur doldurma işleminde Fill Sinks (wang&liu), Fill Sinks xxl ve GRASS eklentisi olan r.fill.dir algoritmaları kullanılmıştır. Bunlardan maksimum düzeltme işlemi uygulayan Fill Sinks xxl ve minimum düzeltme işlemi uygulayan GRASS çukur doldurma algoritmalarıdır. Gölgeleme açısından bakıldığında en iyi sonuç Fill Sinks (wang&liu) algoritmasının kullanılması ile elde edilmiştir. Topoğrafyanın durumuna göre çukur doldurma işlemlerinin gölgelemeye olan etkisi değışmektedir. Örneğin deniz kıyıları, baraj, akarsu, dere, çay gibi alanlar için çukur doldurma işlemi uygulandığında gölgeleme açısından olumsuz bir etki yaratmaktadır. Diğer yandan yerleşim birimleri, kanallar, karayolları, tesislerin yer aldığı bir topoğrafya için çukur doldurma işlemi gölgeleme açısından olumlu bir etki yaratmaktadır. Bunun dışında gerçek topoğrafyadan bağımsız olarak SYM elde edilirken oluşan çizikler, noktalar gibi belirsiz şekilleri içeren veriler üzerinde çukur doldurma işleminin uygulanması yine gölgeleme açısından olumlu bir etki yaratmaktadır.

5.2 Öneriler

Yapılacak olan bir gölgelendirme işleminde gölgeleme işlemi öncesi çukur doldurma işlemi uygulanması elde edilecek olan gölgelemeyi olumlu etkileyecektir. Fakat gölgeleme öncesi çukur doldurma işlemi uygulanacak ise çukur doldurma işlemi için kullanılacak olan algoritmanın uyguladığı düzeltirme miktarına ve düzeltirme uygulanan bölgede hangi topoğrafik yapının yer aldığına veya içerdiği yapay objelere dikkat edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre gölgeleme öncesi çukur doldurma işlemi için Fill Sinks (wang&liu) algoritmasının kullanılması önerilmektedir. Bu sayede daha iyi bir SYM ve topoğrafyayı daha iyi yansıtan bir gölgeleme elde edilmiş olacaktır. Bununla beraber düzeltirme işleminin miktarı üzerinde oynamalar yapılması da yine gölgelemeyi daha olumlu bir duruma getirmede etkili olacaktır. Diğer yandan bu çalışma kapsamına dahil edilmeyen diğer çukur doldurma algoritmalarının da incelenmesi gölgeleme adına önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Abbak, R.A., (2019) *Hata Kuramı ve Parametre Kestirimi*, Atlas Akademi Yayınevi, Konya.
- ALOS, (2021) <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/about/prism.htm>. Giriş: 04.05.2021.
- Bildirici, İ.Ö., (2019) *Kartografya: Harita Tasarımı ve Kullanımı için Gerekli Bilim, Sanat ve Teknik*, Atlas Akademi Yayınevi, Konya.
- Bildirici, İ.Ö. ve Abbak, R.A., (2019) 1 Yay Saniyesi Çözünürlüklü Türkiye Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması ve Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Konya.
- Bildirici, İ.Ö., (2020) 31 Aralık 2020’de Yapılan Kişisel Görüşme.
- Bollmann, J., Koch, W.G. ve Lipinski, A., (2002) *Lexikon der Kartographie und Geomatik* (2. bs.), Spektrum Akademik Yayını, Heidelberg.
- Buckley, A., Frye, C. ve Battenfield, B., (2005) “An Information Model for Maps: Towards Cartographic Production from GIS Databases” 22. Uluslararası Kartografya Konferansı, 9-16 Temmuz, A Coruna.
- Chauvin, F. (1852) *Die Darstellung der Berge in Karten und Planen, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendbarkeit im Felde*, Nauck'sche Kitabevi, Berlin.
- Çobanoğlu, S., (2016) *Kartoğrafya ve Uygulamaları Ders Notu*. T.C.M.S.B. Harita Genel Komutanlığı, Ankara.
- Garbrecht J. ve Martz L. W., (1996) The Assignment of Drainage Direction Over Flat Surfaces in Raster Digital Elevation Models, *Journal of Hydrology* 193 (1997) 204-213.
- Horn, B. K. (1981). Hill shading and the reflectance map. *Proceedings of the IEEE*, 69(1), 14-47.
- Imhof, E., (2007) *Cartographic Relief Presentation*, ESRI Press, Redlands, California.
- Liang C. ve MaCkay D.S., (2000) A General Model of Watershed Extraction and Representation Using Globally Optimal Flow Paths and Up-Slope Contributing Areas, *International Journal of Geographical Information Science*, 14:4, 337-358, DOI: 10.1080/13658810050024278.
- Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J. and Guptill, S. C. (1995) *Elements of Cartography*. (6. bs.), New York.

- Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2014). *Thematic Cartography and Geovisualization*. Pearson.
- Uçar, D. ve Uluğtekin, N. (2006) *Kartografyaya Giriş*, yayımlanmamış ders notu, İstanbul.
- URL-1, <https://grass.osgeo.org/grass78/manuals/r.fill.dir.html>. Giriş: 01.01.2022.
- URL-2, <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Giriş: 01.01.2022.
- URL-3, <https://search.earthdata.nasa.gov/search>. Giriş: 01.01.2022.
- USGS, (2021) <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Giriş: 04.05.2021.
- Vogel, C. (1893) "Die Terralndantellung auf Landkarten Mittels SchrafHerung," Petermanns Coğrafi İletişim Dergisi, 39.
- Vereshchaka, T.V. (2002) Topograficheskie karty: Nauchnye osnovy sodержaniëiia. Maik Nauka/Interperiodika, Moskova.
- Wang, L. ve Liu H., (2006) An Efficient Method for Identifying and Filling Surface Depressions in Digital Elevation Models for Hydrologic Analysis and Modelling, International Journal of Geographical Information Science, 20:2, 193-213, DOI: 10.1080/13658810500433453

EKLER

EK-1 Bölge 2, Bölge 3 ve Bölge 4 için uygulanan çukur doldurma algoritmaları ile elde edilen istatistiksel değerlerin ASTER ve SRTM verileri açısından karşılaştırması

UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Bölge 2 (ASTER) Uygulama 7	175,35	2,22	10,75
Bölge 2 (SRTM) Uygulama 10	168,35	2,30	11,10

UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Bölge 2 (ASTER) Uygulama 8	179,88	8,66	21,62
Bölge 2 (SRTM) Uygulama 11	171,58	8,79	22,09

UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Bölge 2 (ASTER) Uygulama 9	107,0	0,12	1,13
Bölge 2 (SRTM) Uygulama 12	81,0	0,06	0,84

UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Bölge 3 (ASTER) Uygulama 13	163,51	0,53	4,47
Bölge 3 (SRTM) Uygulama 16	175,29	0,38	4,83

UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Bölge 3 (ASTER) Uygulama 14	168,12	1,30	5,57
Bölge 3 (SRTM) Uygulama 17	177,94	0,54	5,37

UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Bölge 3 (ASTER) Uygulama 15	129,0	0,09	0,79
Bölge 3 (SRTM) Uygulama 18	77,0	0,02	0,41

UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Bölge 4 (ASTER) Uygulama 19	146,15	0,47	2,29
Bölge 4 (SRTM) Uygulama 21	153,15	0,36	2,52

UYGULAMA NO	EN BÜYÜK DEĞER (m)	ORTALAMA DEĞER (m)	STANDART SAPMA (m)
Bölge 4 (ASTER) Uygulama 20	147,57	2,93	8,10
Bölge 4 (SRTM) Uygulama 22	154,55	2,22	8,35

