

## Kiwa Su Araştırma Merkezi Yeraltı Su Seviyelerini Gösteren Bir Uygulama Geliştirdi

Yazan: Jos von Asmuth, Delft University of Technology  
Aslından eviren: Kenan nal, FIGES A.ř.

*Vorne's Duin Batı Avrupada'daki en önemli doğa rezervlerinden biridir. Çok çeşitli bitki ve hayvan yaşamı ile tanınmış olan Vorne's Duin Hollanda'daki kuş türlerinin %60'tan fazlasının yuvasıdır. Ayrıca dünyanın en büyük limanlarından biri olan Rotterdam ve De Maasvlakte adındaki endüstri bölgesine komşudur.*

*Rotterdam'daki yoğunluğu azaltmak için Hollanda Hkmeti denizden yeni bir kara parçasını islah etmeyi planlıyordu. Islah etme projesi, yer altı su yollarını değiştireceği için özellikle Vorne's Duin'deki bataklık orkidesi ve dar ağızlı salyangoz gibi nadide bitki ve hayvanlar üzerinde önemli ekolojik etkiler yaratacaktı.*



*Kiwa Su Araştırma Merkezi'ndeki araştırmacılar Jos von Asmuth ve Kees Maas; Delft Teknoloji Üniversitesi, Ulaştırma Bakanlığı, Ulusal İşler ve Su Yönetimi, Ulusal Sahil Enstitüsü ve Donanma Yönetimi tarafından, bu gruplara, zarar görmüş doğal ortamların nasıl korunabileceğini belirlemede yardımcı olmak için yeraltı suyu verilerini sağlamak üzere grevlendirildiler.*

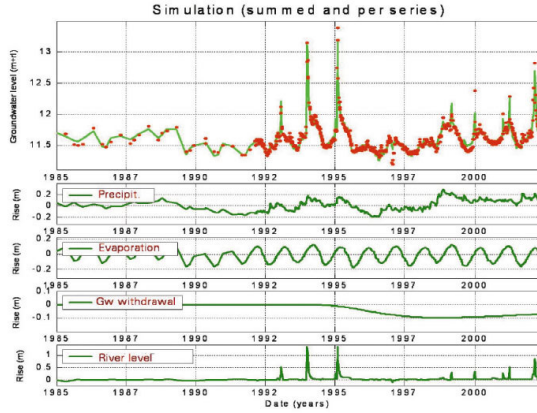
*Bu makalede von Asmuth, subilimcileri ve evrebilimcilerinin yeraltı suyu verisini toplamak ve değerlendirmek üzere zaman serisi modellerini kullanmalarını sağlayan MATLAB tabanlı görüntüleme aracı Menyanthes'in, nasıl yapıldığını açıklayacaktır.*

Modelleme sonuçlarımızı görselleştirmek için alınan çeşitli ölümleri ve yeraltı suyu seviyesi gözlemlerimizi işlemek ve analiz etmek için [MATLAB](#) kullandık. MATLAB'deki yüksek seviyeli fonksiyonlar, uygulama geliştirme ve yayma araçları ile ihtiyaç duyduğumuz tüm fonksiyonellikleri tek bir uygulama içerisinde birleştirdik.

### Gerçek Verilerle İlgilenme

Yeraltı suyu verilerimizi, DINO (Data and Information of the Subsoil in the Netherlands) olarak adlandırılan büyük ulusal jeohidrolojik veritabanı tarafından oluşturulan sıkıştırılmış ASCII paket dosyalarından aldık. Bunda MATLAB'in [unzip](#) fonksiyonu oldukça kolaylık sağladı. Ayrıca, Hollanda Meteoroloji Enstitüsü'nden alınan meteorolojik verilere ek olarak, zemindeki gözlemlerden elde edilen manuel ölümlerden de veriler kullandık.

Manuel olarak toplanmış fazla miktardaki arazi verisine ilişkin düzensiz frekansın hatalarının ve eksikliklerinin gözlenmesi en büyük güçlüklerimizden biriydi. Bu problemin üstesinden gelmek amacıyla sürekli zamanda çalışan bir zaman serisi modeli geliştirdik. Sürekli zaman yaklaşımıyla, gözleme frekansı model denklemlerinde yer almadı. Bu, modelin, tüm mevcut verileri, frekansı ne olursa olsun, kullanabileceği ve filtreyebileceği anlamına gelmekteydi (Şekil 1).



Şekil 1. Verilere, gözlemlerdeki boşluklar ile uydurulmuş bir zaman serisi modeli. Altta 4 grafik yeraltı suyu seviyesindeki değişimler üzerine farklı serilerin etkilerini göstermektedir.

### Zaman Serisi Modellerinin Geliştirilmesi

Zaman serisi modelleri, oluşturulması kolay ve yüksek hassasiyete sahip modellerdir. Zaman serisi modellerimiz 3 boyutlu uzayda tek noktadaki yeraltı suyu tablosunun biçimini göstermektedir. Bu modeller yeraltı suyu seviyesi gözlemlerini kullanırlar ve yağış, su kaybı ve hidrolojik müdahaleler gibi yeraltı suyu seviyesini etkileyen faktörleri de içerirler.

Verilerimiz yağış ölçümleri ve potansiyel buharlaşma (meteoroloji istasyonlarından elde edilebilen, en uygun su verilen bir otlaktaki buharlaşma) tahminleri gibi gözlemlerden elde edilen 76 yeraltı suyu seviyesi serilerinden oluşmaktadır.

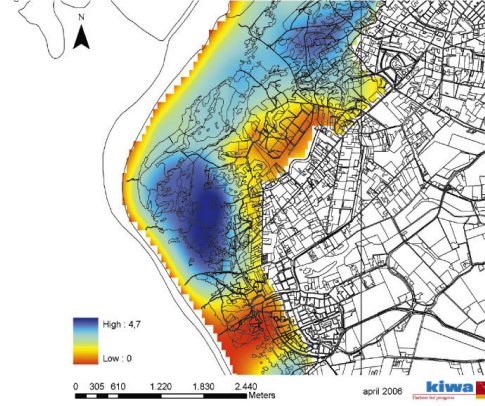
Bu verileri tüm yeraltı suyu seviyesi serilerinin zaman serisi modellerini oluşturmak için kullandık. Bu modeller, aşağıdaki sonuçların elde edilmesine imkan tanıdı.

- Yeraltı suyu seviyesi ölçümlerinin ya da faktörlerinin etkisini belirlememize
- Yeraltı suyu seviyesindeki eğilimleri bulmamıza ve ölçmemize
- Yeraltı suyu seviyesi gözlemlerinin filtrelenmesine uzatılmasına veya kısa ya da karışık serilerle doldurulmasına
- Yeraltı suyu seviyesi verilerinin önışlemden geçirilmesine
- Yeniden doldurmada, su çekmede ya da akıntı seviyesi gibi gerilimlerden kaynaklanan yeraltı suyu dinamiğinin tahminine

## Sonuçların Görselleştirilmesi

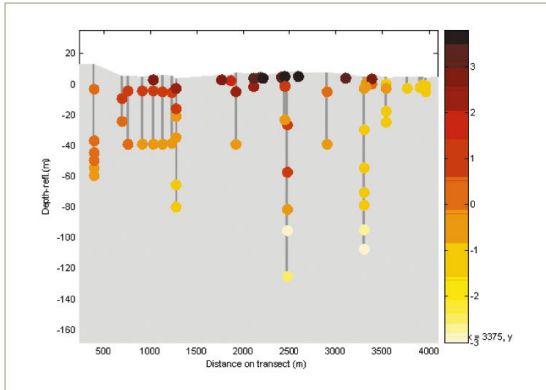
Bölgedeki yeraltı suyu seviyesi dinamiğinin haritalarını oluşturmak için modelleme sonuçlarımızdan interpolasyonla ara değerler oluşturduk (Şekil 2).

Şekil 2. Rotterdam bölgesindeki yeraltı suyu seviyesi dinamiği



MATLAB görselleştirme teknikleri, verilerin ve modelleme sonuçlarının gözden geçirilmesi devam ederken tüm zaman serisi modellerinin hızlı bir şekilde işlenmesinde bize yardımcı oldu. Örneğin, `pcolor` fonksiyonunu, yüzey çizimlerini ve ara kesitleri görselleştirmek için parça grafiklerini, verilerin bölge izlerini tutmak amacıyla GIS fonksiyonelliğine sahip bir harita fonksiyonu, zaman serisi verilerinin görselleştirilmesi için zaman serisi ve çubuk grafikleri kullandık. MATLAB `linkaxes` fonksiyonu ise ilişkili zaman serilerinin görselleştirilmesinde bize yardım etti.

Basit bir çabayla bölgenin hidrolojik şartlarının açığa çıkarıldığını bulmak teşvik ediciydi. Örneğin, MATLAB'deki görselleştirmemiz ağır tuzlu su üzerinde yüzen taze suyun etkisini açıkladı. Aksi halde kapsamlı yeraltı suyu modelini gerektiren bir gözlem gerekecekti (Şekil 3).

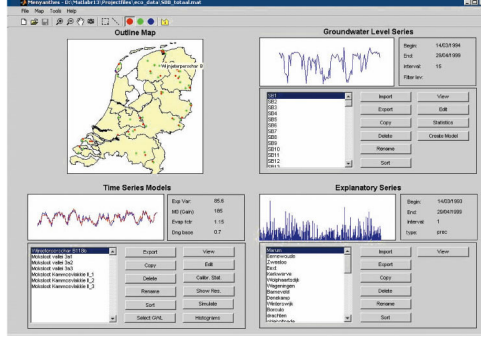


Şekil 3. Zaman serisi modeli tarafından tahmin edilmiş drenaj tabanı. Toprak altındaki tuzlu su üzerinde yüzen üst katmandaki taze suyu açığa çıkaran üst filtrelerdeki değerlerin dışbükey gelişimi.

## Menyanthes'in Geliştirilmesi

Araştırma yöntemlerimizi ve verilerimizi, subilimcilerin ve çevrebilimcilerin yeraltı suyu verilerini yönetmek ve işlemek için kullanabileceği, haritalar ve sonuçların 2 ya da 3 boyutlu arakesitleri oluşturabileceği bir araç olan Menyanthes'te (Şekil 4) uyguladık.

Şekil 4. Menyanthes'in ana penceresi gözlemlerin yerlerini gösteren bir harita, yeraltı suyu seviyesi serisini içeren çeyrek pencere ve zaman seri model sonuçlarının tutulduğu çeyrek bir pencere içermektedir.



Menyanthes sınırlı zaman serilerinin filtrelemesini ve uzatılmasını, jeohidrolojiyle ilgili parametrelerin tahmin edilmesini, içme amacıyla yeraltı suyunun çekilmesi, gelgit ya da akıntı seviyeli dalgalanmalar ya da hidrolojik ölçümler gibi spesifik faktörlerin tayin edilmesini içeren çok çeşitli işleri desteklemektedir.

Menyanthes'in bir çok kişi tarafından kullanılan Box ve Jenkins transfer fonksiyonu modellerine etkili bir alternatif sağlamasını istedik. Box ve Jenkins modelleri dinamik davranışı düzensiz olan sistemler için iyi bir çözüm sağlarken, birkaç sakıncaya sahiptir. Örneğin, çok kompleksdirler ve bu modellerin yanından istatistiksel teori bilgisine ihtiyaç vardır. Menyanthes modelde yeraltı suyu sistemlerinin davranışa dair bilgi içerir.

Box ve Jenkins modelleri ile her bir zaman serisi, deneysel model tanıma prosedürü kullanarak ayrı ayrı modellenmelidir. Menyanthes içindeki zaman serisi modelleri standartlaştırılmış ve tamamen otomatikleştirilmiştir. Box ve Jenkins modelleri (eğer zaman tabanında ise) düzenli şekilde örneklenmiş veriler gerektirir. Menyanthes araştırmacılara verilerdeki hataları düzeltmek ve yeniden örnekleme veya interpolasyon işlemleri gibi veri oynamaları yapmak için izin görüntülemeye izin verir.

## Sonuçlarımızın Kapsamlı Hale Getirilmesi

Şu anda MATLAB zaman serisi modellerimizi, Python'da oluşturulan temel bir analitik modeli kullanarak geliştirdiğimiz yeraltı suyu akış belirleyici modelleri ile bütünleştiriyoruz.

Bir zaman serisi analizinde, yeniden yükleme gibi bir giriş serisi ile yeraltı suyu seviyesi gibi gözlemlerdeki çıkış serisi arasındaki ilişki, fiziksel dayanağı olmayan rasgele bir yöntem kullanılarak belirlenir. Böylece, bir zaman serisi modeli, gözlemlerde giriş serisindeki değişimlerin etkisini

öngörmek için kullanılabilir ancak; diğerk noktalarda ve akiferdeki<sup>1</sup> yeni kuvvetlerin ya da fiziksel değişimlerin etkisini öngörmede kullanılamaz.

Zaman serisi modellerimizi belirleyici yeraltı suyu modelleri ile bütünleştirmemiz, sonuçları tüm akifer üzerinde genelleştirmemize olanak sağlayacak. Ayrıca, hidrolojik sistemdeki değişim etkilerini de öngörebileceğiz.

**1** İçlerine suyun serbestçe girebileceği veya hareket edebileceği boyutta ve miktarda birbiriyle bağlantılı boşluk içeren kayalardan oluşmuş geçirimli kesimler.

#### **Kaynaklar:**

[Kiwa Water Research](#)

[Menyanthes](#)