

İnşaat Sektöründe Radyo Frekanslı Tanımlama (RFID) Teknolojisi Uygulamaları

Esin Ergen*

Özet

İnşaat projelerinde etkin bir proje yönetimi gerçekleştirmek için güncel ve kesintisiz bilgi akışına ihtiyaç vardır. Ancak inşaat ortamına özgü hareketli ve sürekli değişen bir çalışma ortamında, gerekli bilgileri toplayıp güncel olarak kullanıcıların bilgisine sunmak her zaman mümkün olmamaktadır. Son yıllarda diğer sektörlerde kullanılmaya başlanan radyo frekanslı tanımlama (RFID) teknolojisi, inşaat sahasından doğru, eksiksiz ve güncel veri toplanması için kullanılacak bir teknolojidir. Bu yazıda, RFID teknolojisi tanıtılarak inşaat projelerinde potansiyel kullanım alanları belirtilmiş ve bu konuda inşaat alanında yapılmış saha testleri ile ilgili bilgi verilerek RFID'nin avantajları ve dezavantajları belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Radyo frekanslı tanımlama, RFID, takip, bilgi akışı

1. Giriş

İnşaat projelerinde etkin bir proje yönetimi gerçekleştirmek için güncel ve kesintisiz bilgi akışına ihtiyaç vardır. Yapılan araştırmalar, inşaat projelerinde karşılaşılan sorunların %50-80'inin eksik ve gecikmiş bilgidен kaynaklandığını göstermektedir (Howell ve Ballard 1997; Thomas et al. 1997). Etkin bilgi akışına ihtiyaç duyulan yerlerden biri inşaat sahasıdır. İnşaat sahasından toplanan verilerin,

teknik ve yönetici personele düzenli olarak aktarılması gerekmektedir. Sahadan aktarılan veriler işçilerin verimlilik değerleri, sahadaki malzeme türü ve miktarı, günlük ilerleme gibi bilgilerin oluşturulmasında kullanılır. Bu bilgiler sahadaki imalatların izlenmesinde ve ilgili kararların verilmesinde büyük öneme sahiptir.

Günümüzde sahadan veri akışını sağlamak için çoğunlukla manüel olarak veri toplama ve raporlama yöntemi kullanılmaktadır. Veriler manüel olarak toplandığından hata payı yüksektir ve kağıt üzerinden bilgisayara aktarılması ek zaman almaktadır. Veri toplamak için sahada görev yapan teknik personel kullanılmakta, ayrıca bazı veriler puantör olarak adlandırılan bu iş için görevlendirilmiş kişiler tarafından da toplanmaktadır. Sahada çalışan teknik personel raporlama işini genellikle ikincil bir görev olarak gördüğü için, bilgi akışı her zaman titizlikle gerçekleştirilmemekte, eksik, hatalı ve gecikmiş bilgi ile sık sık karşılaşmaktadır (Finch ve diğ. 1996). Aynı zamanda toplanan verilerin doğruluğu veri toplayan elemanın yaptığı kabullerle ve raporlama becerisiyle yakından ilişkili olduğundan, verilerin güvenilirliği veri toplayan kişinin kişisel özelliklerine göre değişmektedir (Liu, 1995).

Eksik, yanlış veya gecikmiş bilgi, saha ofisi ile saha imalat personeli arasında ekstra bilgi alışverişi yapılmasına neden olmakta (Akıncı ve diğ. 2006); bu da zaman kaybına ve verimsiz çalışmaya yol açmaktadır. Bazı durumlarda ise bilgideki eksiklerin tamamlanması veya düzeltilmesi yerine, eldeki

* Yrd. Doç. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

yetersiz bilgi kullanılmaktadır. Bunun sonucunda, yöneticilerin saha ilerlemelerini yakından izlemeleri ve bu ilerlemeler doğrultusunda karar almalarını zorlaşmaktadır. Ayrıca saha çalışmaları ile ilgili bilgilerin (örneğin verimlilik bilgisi gibi) arşivlenmesi ve ileride benzer projelerde kullanılması da etkin ve detaylı olarak gerçekleştirilememektedir. Sonuç olarak, veri akışındaki sorunlar yanlış kararlar verilmesine, zaman kaybına, daha çok işçi çalışmasına ve kaynak kullanılmasına neden olmaktadır; dolayısıyla maliyetlerin artmasıyla sonuçlanmaktadır.

Radyo frekanslı tanımlama teknolojisi (RFID), inşaat projelerinde sahadan doğru, eksiksiz ve güncel veri toplanması için kullanılabilir bir teknolojidir. RFID otomatik tanımlama, veri toplama ve lokal veri saklama özelliklerine sahiptir. RFID sistemleri son yıllarda diğer sektörlerde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır ve pek çok nesnenin (eşyalar, hayvanlar, insanlar vb.) otomatik olarak tanımlanmasında ve/veya bu nesnelere ilgili bilgilerin nesnelere üzerinde lokal olarak saklanmasında kullanılmaktadır. Ulaşım, seri üretim, otomotiv ve sağlık alanlarında kullanılmak üzere geliştirilmiş pek çok RFID sistemi bulunmaktadır. Örneğin, kütüphanelerde kitapların takibi, erişim kontrolü sağlanması, havaalanlarında bagaj takibi, tekstil sektöründe kıyafetlerin takibi, sevkiyat konteynırı takibi, gemi ile nakliye alanlarında kamyon ve römorkların takibi gibi.

RFID, otomatik tanımlama ve veri toplama özelliği sayesinde toplanan bilgilerin doğruluk payının yükselmesini sağlar. Bu özelliği ile inşaat sahasından özellikle malzeme ile ilgili veri toplama sırasında karşılaşılan eksik ve yanlış bilgi sorunlarına çözüm getirir. Toplanan verilerin anında bir merkeze aktarıldığı RFID sistemlerinde, anlık güncel bilginin ilgili kişiler tarafından ulaşılabilir hale gelmesini sağlar. Bu yazıda, RFID teknolojisi tanımlanarak inşaat projelerinde potansiyel kullanım alanları belirtilmiş ve bu konuda inşaat alanında yapılmış saha testleri ile ilgili bilgi verilerek RFID'nin avantajları ve dezavantajları belirtilmiştir.

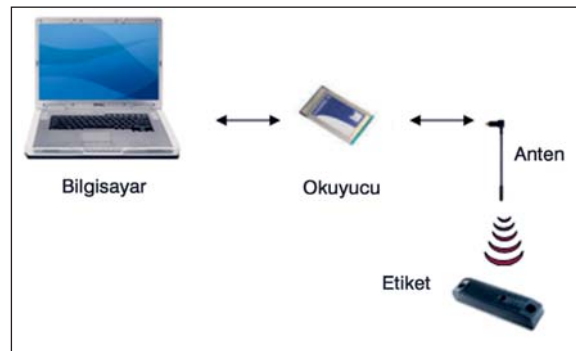
2. RFID Teknolojisinin Özellikleri

RFID teknolojisi, bir tür otomatik tanımlama, veri toplama ve lokal veri saklama teknolojisidir. Barkod gibi diğer otomatik tanımlama teknolojilerine göre en büyük avantajı veri okuma mesafesinin yüksek olması (açık havada 100 m.'ye kadar) ve okuma yapmak için belli bir açı ile doğrudan görüş (optik görüş hattı) gerektirmemesidir. Bu özelliği ile çok düzenli olmayan ve dinamik bir yapısı olan inşaat sahalarında otomatik veri toplamaya olanak sağlamaktadır. Diğer bir avantajı ise güncellenebilir

bir hafızaya sahip olması ve hafıza kapasitesinin diğer teknolojilere göre yüksek olmasıdır (32 KB'a kadar). Bu sayede, RFID etiketleri üzerine iliştiltikleri nesneye ait bilgileri lokal olarak saklayabilmektedir. Bunun yanı sıra, RFID etiketleri inşaat sahasının sert koşullarına dayanıklıdır, örneğin; yağmur, darbe gibi.

RFID donanımı, etiket ve okuyucu olmak üzere iki ana bileşenden oluşmaktadır (Şekil 1). Ayrıca okuyucu ile etiketin haberleşmesini sağlamak için okuyucuya bağlı bir anten kullanılmaktadır. RFID etiketi, tanımlanmak veya takip edilmek istenen nesneye iliştilir ve içindeki çipte bu nesne ile ilgili veri taşır. Etiketdeki veriler RFID okuyucusuna "okuma görüş hattına" gerek duymaksızın radyo dalgaları aracılığıyla kablosuz olarak iletilir. Harici bir anten ile birleşik çalışan okuyucu, etiketlerden bilgi okumak ve etiketlere bilgi yazmak amacıyla kullanılır. RFID okuyucuları, etiketlerden okudukları ya da etiketlere kaydettikleri verilerin okuyucunun bağlı bulunduğu bilgisayar ekranında görüntülenmesini sağlar. Okuyucular kullanım amacına göre portatif ya da sabit olabilir.

RFID teknolojisi, kullanılan etiketlerin türlerine ve çalıştıkları frekans aralıklarına göre kategorilere ayrılırlar. İletişim ve veri depolama için kullanılan enerji kaynağına göre etiketler iki ana gruba ayrılabilir: aktif ve pasif. Aktif etiketler, okuyucu ile iletişim kurmak, üzerindeki devreye gerekli gücü sağlamak gibi işlevleri gerçekleştirmek için dahili bir pile ihtiyaç duyarlar. Aktif etiketler pasif etiketlere kıyasla daha büyüktür ve maliyetleri daha yüksektir. Pili ömürleri yaklaşık 5-10 yıl arasında değişebilir ve pilleri yenilenebilir veya yenilenemeyen olmak üzere iki türü vardır. Aktif RFID etiketlerinin birçoğu güncellenebilir bir hafızaya sahiptir, etiketlerinin bazılarının geniş hafıza kapasiteleri vardır (örneğin 32 KB) ve pasif etiket türlerine göre çok büyük mesafeler (örneğin 30-100 m) üzerinden iletişim kurabilirler (Ergen ve diğ., 2007).



Şekil 1 - RFID Sisteminin Bileşenleri

Diğer taraftan pasif etiketlerin ihtiyaç duyduğu enerji okuyucu tarafından sağlanır. Pasif etiketler gerekli enerjiyi dışarıdan aldığı için veri iletim hızları aktif etiketlere göre düşüktür ve düşük hızda çok fazla veri transferi uzun zaman alacağından hafızaları küçüktür. Dahili bir pile ihtiyaçları olmadığı için diğer etiket türlerine göre daha az maliyetli, daha küçük ve daha hafiftirler.

Etiketler hafıza türlerine göre de iki ana grupta sınıflandırılırlar:

- 1- Üzerindeki bilgi güncellenemeyen salt okunur etiketler,
- 2- Hafızaları yeni bilgilerle güncellenebilen okuma/yazma etiketleri.

Salt okunur etiketler sadece kimlik bilgisini (tanımlama numarasını) taşır ve ilgili nesneye ait geri kalan tüm ilgili bilgiler tanımlama numarası altında başka bir veritabanında tutulur. Bu tip etiketler kullanım süresi boyunca sadece bir kere, ya imalat sırasında ya da kullanıcı tarafından programlanırlar. Salt okunur etiketlerde programlanan veri değiştirilemez. RFID teknolojisinin en basit formu olan bu etiketlerin hafızaları yaklaşık olarak 8-128 bit kadar veri depolayabilir (Jaselskis ve Misalami, 2003). Okuma-yazma etiketleri genellikle aktif etiketlerdir. Hafızalarına kaydedilen bilgi güncellenebilir. Yüksek hafıza kapasitesi olan bu etiketler genellikle aletlerin, araçların, kişilerin, eşyaların ve bunlarla ilgili güncel bilgilerin takibi ve ekipman bakımı gibi amaçlarla kullanılmaktadır.

Kullandıkları frekans değerine göre RFID teknolojisi dört türe ayrılabilir: Düşük Frekans, Yüksek Frekans, Ultra Yüksek Frekans (UHF) ve Mikrodalga. Frekansın yükselmesi, daha yüksek veri iletim hızı ve daha uzak okuma menzilleri sağlar. Ancak yüksek frekansta RFID sinyalleri metal ve sıvı bulunan ortamlardan daha çok etkilenmeye başlar ve teknolojinin performansı düşer. Frekans düştükçe, yüksek frekansların tersine, veri okuma hızı ve veri okuma menzili düşer. Fakat bu frekansta RFID teknolojisi metal ve sıvı bulunduran ortamlardan daha az etkilenir ve bu ortamlardaki performansı yüksek frekanslara göre daha iyidir.

Görüldüğü gibi, RFID teknolojisinin birçok farklı türü bulunmaktadır. RFID türleri içinde hangisinin inşaat ortamına uygun olduğunu belirlemek için önce hangi amaçla kullanılacağı belirlenmeli ve bu doğrultudaki gereksinimler tespit edilmelidir. Daha sonra belirlenen bir veya bir kaç tür RFID teknolojisi inşaat ortamında test edilmelidir. Radyo dalgaları ortamdaki bazı faktörlerden etkilenebileceği için deneylerin inşaat ortamını mümkün olduğunca yansıtan şartlar altında gerçekleştirilmesi tavsiye edilmektedir.

3. Önerilen RFID Sistemleri ve Gerçekleştirilen Testler

Literatürde yer alan ve inşaat sektöründe kullanılması önerilen RFID sistemlerinin geliştirilmesindeki ana hedef, malzemelerin tedarik zinciri boyunca otomatik olarak tanımlanması ve/veya yerlerinin belirlenmesidir. Bu sistemlerde elde edilen kimlik ve/veya yer bilgisi, proje katılımcıları (mal sahibi, yüklenici gibi) tarafından kolayca ulaşılabilir bir şekilde saklanacaktır. Örneğin bu bilgilerin internet üzerinden ulaşılacak bir veritabanında saklanması seçeneklerden biridir. Bunun yanı sıra, bazı sistemlerde üretim veya inşaat sahasında malzemelerle ilgili ihtiyaç duyulan bilgilerin malzemenin üzerinde depolanması önerilmiştir. Bu şekilde, bu bilgiler lokal olarak saklanacak ve sahada bu bilgilere ihtiyaç duyan işçilerin ve mühendislerin kullanımına hazır hale gelecektir.

Önerilen sistemleri geliştirmenin teknik olarak mümkün olup olmadığını belirlemek amacıyla inşaat ortamlarında RFID testlerinin gerçekleştirildiği bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar iki kısımda incelenebilir: (1) RFID'nin otomatik takip amaçlı kullanıldığı testler, (2) RFID'nin otomatik tanımlama için kullanıldığı testler. Birinci grup testlerde malzemeler belli noktalara yerleştirilen RFID okuyucuları yardımıyla yarı-otomatik veya otomatik olarak tanımlanmaktadır. Elde edilen kimlik bilgisi, RFID okuyucusunun sabit olduğu durumlarda okuyucu yer bilgisi ile, okuyucunun sabit olmadığı durumlarda GPS'ten (küresel konumlandırma sistemi) elde edilen koordinat bilgileri ile birleştirilerek saklanmaktadır. İkinci grup çalışmalarda, nesnelerin (küçük el aletleri gibi) üzerine iliştirilmiş etiketler bir kişi tarafından manüel olarak taranmakta ve RFID etiketinde saklanan ilgili nesneye ait kimlik bilgileri otomatik olarak etiketten okuyucuya aktarılmaktadır. Manüel tarama yöntemi, her bir etiketin bir kişi tarafından tek tek okunmasını gerektirdiği için otomatik takip sistemine göre daha emek-yoğun bir yöntemdir. Ancak otomatik takip sistemleri, inşaat sahalarının dinamik ve hareketli yapısından dolayı her türlü takip için uygun değildir. Bu durumlarda otomatik takip yöntemi yerine otomatik tanımlama yöntemi kullanılmaktadır.

Birinci grup çalışmalarda, inşaat tedarik zinciri boyunca RFID'nin yapı elemanlarının otomatik veya yarı otomatik olarak takip edilmesi için kullanıldığı sistemler geliştirilmiş ve test edilmiştir. Yapı elemanları ile ilgili testlere örnek olarak şu çalışmalar gösterilebilir: rafineri borularının ve prekast yapı elemanlarının inşaat sahasında teslim alınması sırasında takibi, prekast yapı elemanlarının üretim merkezlerindeki depolama alanlarında takip edilmesi,

(Song ve diğ. 2006, Ergen ve diğ. 2007). Rafineri borularının takip edildiği çalışmada, bir treylere yüklenen ve sayıları 50-83 arasında değişen rafineri borusunun her birine aktif UHF RFID etiketleri iliş-tirilmiştir. Üretim tesisi girişindeki kapı etrafına dört RFID anteni ve bilgisayara bağlı bir okuyucu yer-leştirilmiştir. Rafineri borularını taşıyan treyler şanti-yeye girerken RFID etiketlerinin kaç tanesinin RFID okuyucusu ile tespit edilebildiği test edilmiştir (Şekil 2a). Bu çalışmadaki en büyük zorluk, birçok rafineri borusunun bulunduğu metal-yoğun bir ortamda RFID etiketlerinin hepsini aynı anda tespit edebil-mektir; çünkü ortamda bulunan metal malzemeler RFID teknolojisinin performansını düşürmektedir (Şekil 2b). Yine benzer bir çalışmada, aynı sistem prekast yapı elemanları üzerinde test edilmiştir. Bu çalışmada yapı elemanları oldukça büyük oldu-ğundan her kamyonunda sadece bir yapı elemanı ve RFID etiketi yer almıştır. Bu iki çalışmada da, RFID etiketleri başarılı bir şekilde tespit edilebilmiştir.

Bir başka çalışmada ise prekast yapı elemanlarının üretim merkezlerindeki depo alanlarında kaybol-masını önlemek ve yerlerinin belirlenmesini sağ-lamak için bir sistem geliştirilmiştir (Ergen ve diğ. 2007). Depo alanlarında yapı elemanlarının yer-lerinin değiştirilmesinde kullanılan mobil vinçlere RFID antenleri, RFID okuyucuları ve GPS üniteleri yerleştirilmiş; prekast yapı elemanlarına da RFID etiketleri iliş-tirilmiştir. Mobil vinç ile prekast eleman-larının yerleri her değiştirildiğinde, RFID etiketleri otomatik olarak vinç üzerindeki RFID okuyucusu tarafından okunmuştur. RFID etiketlerinden gelen yapı elemanı kimlik bilgisi GPS'ten gelen yer bilgisi (koordinatlar) ile birleştirilerek bir veritabanına kay-dedilmiştir. Bu testlerin sonucunda, depo alanında yerleri değiştirilen yapı elemanlarının başarılı bir şekilde tanımlanabildiği tespit edilmiştir.

İnşaat sektöründe RFID ile ilgili gerçekleştirilen ikinci grup çalışmalarda, küçük el aletleri, mal-zemeler veya yapı elemanlarının manüel olarak tarandığı tanımlanma süreci test edilmiştir. Bu çalış-malardan birinde, el aletlerinin tanımlanması ile ilgili

olarak gerçekleştirilen deneylerde, aktif UHF RFID etiketleri el aletlerinin saplarının içine yerleştirilmiş-tir. Etiketler, farklı mesafelerden okuyucu yardımı ile manüel olarak taranmış ve okunabilirlikleri test edilmiştir. Ayrıca etiketlere girilen aletlerin bakım ve onarımına ait bilgiler belirli aralıklarla okunmuş ve veri kaybı olmadığı belirlenmiştir (Goodrum et al. 2005).

RFID'nin manüel tanımlama yaklaşımı ile kullanıldı-ğı çalışmalarda, RFID etiketlerinin kalite kontrol bilgilerinin ve inşaat sahasındaki ilerlemelerin takibi için kullanılması da önerilmiştir. RFID'nin beton kalite kontrol bilgilerinin takibi için yapılan çalış-mada, pasif RFID etiketleri beton silindir numune-lerinin üzerine iliş-tirilmiş veya içine yerleştirilmiştir (Wang 2008). RFID yardımı ile beton numuneleri ile ilgili kalite kontrol bilgileri takip edilmiş ve bu bilgiler internet üzerinden diğer proje katılımcılarının bilgi-sine sunulmuştur. Yedi aylık süre sonucunda beton numunelerin içine gömülen etiketlerin birçoğunun tespit edilebildiği ve etiketteki bilgilerin başarı ile okunabildiği belirlenmiştir. RFID'nin inşaat sahasın-daki ilerlemelerin takibinde kullanılmasını öneren bir diğer çalışmada, RFID, çelik elemanların ve beton kamyonlarında taşınan betonun tedarik zinciri boyunca takibi için kullanılmıştır. Bu çalışmada, düşük frekansta çalışan pasif RFID etiketleri çelik yapı elemanlarının ve beton kamyonlarının üzerine iliş-tirilmiştir. Tedarik aşamasından başlayarak inşaat sahasında kabul ve montaj aşamalarını da içerecek şekilde malzeme takibi ile ilgili testler yapılmıştır.

Yapılan testlerden elde edilen sonuçlar, RFID tekno-lojisinin inşaat ortamında malzeme takibi ve tanım-laması için kullanılabileceğini göstermiştir. Ancak teknolojinin hangi şartlar altında kullanılacağı ve ne tür bir sistem geliştirilmesi gerektiği kullanılan malzemeye ve ihtiyaçlara göre değişiklik göster-mektedir.

4. Sonuç

İnşaat sektörü, gerek saha dışı üretim merkezleri, gerekse inşaat sahaları ile dinamik ve sürekli değişen bir çalışma ortamına sahiptir. Bu çalışma ortamında malzeme takibi için son zamanlarda diğer sektörlerde yaygın olarak kullanılan RFID teknolojisinin kullanılması önerilmektedir. Literatürde, RFID teknolojisinin inşaat sektöründe istenen performansı gösterip göstermeyeceğini belirlemek için yapılmış çeşitli testler yer almaktadır. Test



Şekil 2 - a) Treylere şantiyeye girişi
b) Rafineri borularının treyler üzerindeki yerleşimi

sonuçları, RFID teknolojisinin inşaat ortamında malzeme takibi ve tanımlanması alanında başarılı sonuçlar verdiğini göstermektedir. Dikkat edilmesi gereken bir nokta, gerçekleştirilen testlerde farklı inşaat ortamlarında farklı teknolojilerin başarılı sonuçlar vermiş olmasıdır. RFID'nin inşaat alanında kullanılmasını yaygınlaştırmak için inşaat sektöründe yer alan firmaların kendi çalışma ortamları için gereksinimlerini belirleyip bu yönde testler gerçekleştirmeleri önerilmektedir.

Kaynaklar

- Akinci, B., Kiziltas, S., Ergen, E., Karaesmen, Itir Z., Keceli, F. (2006) "Modeling and Analyzing the Impact of Technology on Data Capture and Transfer Processes at Construction Sites", *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 13, issue 11, pp. 1148-1157.
- Ergen, E., Akinci, B., Sacks, R. (2007) "Tracking and Locating Components in a Precast Storage Yard Utilizing Radio Frequency Identification Technology and GPS", *Automation in Construction*, v.16, Issue 3, pp. 354-367.
- Finch, E., Flanagan, R., Marsh, L. (1996) "Auto-ID Application in Construction", *Construction Management and Economics*, v. 14, pp.121-129.
- Goodrum, P.M., McLaren, M.A. and Durfee, A., (2005) "The Application of Active Frequency Identification Technology for Tool Tracking

on Construction Job Sites", *Automation in Construction*, pp. 1-11.

- Howell, G., Ballard, G. (1997). "Lean Construction Factors Affecting Project Success in the Piping Function" L. Alarcon, ed., AA Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
- Jaselskis, E. J. and El-Misalami, T. (2003) "Implementing Radio Frequency Identification in the Construction Process", *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 129, n.6, pp. 680-688.
- Liu, L. Y. (1995). "Digital Data-Collection Device for Construction Site Documentation." 2nd Congress on Computing in Civil Engineering, Atlanta, ABD, June 1995, pp. 1287-1293.
- Song, J., Haas, C.T., Caldas, C., Ergen, E., Akinci, B. (2006) "Automating the task of tracking the delivery and receipt of fabricated pipe spools in industrial projects", *Automation in Construction*, v. 15, issue 2. pp. 124-138.
- Thomas, S. R., Tucker, R.L., Kelly, R.W. (1997). "An Assessment Tool for Improving Team Communications." Technical Report, RR105-11., Construction Industry Institute (CII), Texas, Austin, ABD.
- Wang, L. C. (2008) "Enhancing construction quality inspection and management using RFID technology", *Automation in Construction*, Vol. ArticlesInPress, baskıda.

