

*Araştırma Makalesi / Research Article*

## Manyetize Edilmiş Suyun, Reaktif Pudra Betonların Eğilme ve Basınç Dayanımı Üzerindeki Etkisi

### The Effect of Magnetized Water on Compressive and Flexural Strength of Reactive Powder Concretes

Mehrzad Mohabbi<sup>1</sup>, Sadık Varolgüneş<sup>2\*</sup>

*Geliş / Received: 05/01/2019*

*Revize / Revised: 08/07/2019*

*Kabul / Accepted: 24/07/2019*

**Öz-** Bu çalışmanın amacı; manyetize edilmiş suyun, lifli ve lifsiz reaktif pudra betonların (RPB) basınç ve eğilme dayanımı üzerindeki etkisini incelemektir. Farklı manyetik alan şiddetleri manyetik su üretimi için kullanılabilir. Bu çalışmada; 0.8-1 ve 1.2 Tesla şiddetindeki üç farklı manyetik alan şiddeti seçilmiştir. Manyetik su üretimi için farklı manyetik alan şiddetlerinde bekletme süresi 20 dakika olarak sabit alınmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde; normal su kullanımı yerine manyetik su kullanımı, 7 ve 28 günlük basınç ve eğilme dayanımlarının artmasını sağladığı görülmüştür. Ayrıca manyetize edilmiş suyun, RPB'lerin basınç ve eğilme dayanımına olumlu etkisi olduğu ve dayanımı artırmak için en verimli manyetik alan şiddetinin 1 Tesla olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler-** Manyetize Edilmiş Su, Basınç Dayanımı, Eğilme Dayanımı, Reaktif Pudra Betonu

**A**bstract- The aim of this study is to investigate the effect of magnetized water on compressive and flexural strength of reactive powder concrete (RPC). Different magnetic field intensities can be used for magnetic water production. In this study, the effects of three different magnetic field intensities i.e. 0.8-1 and 1.2 Tesla have been assessed on compressive and flexural strength of RPC. The magnetic water used for manufacturing of the specimens was exposed to magnetic fields for 20 minutes in all mixes. When the results are assessed, it can be concluded that using of magnetic water instead of normal water causes increase in 7 and 28 days compressive and flexural strength. In addition, it has been determined that the most efficient magnetic field strength is 1 Tesla to increase the strength.

**Keywords-** Magnetized Water, Compressive Strength, Flexural Strength, Reactive Powder Concrete

<sup>1</sup>İletişim: mmohabbi@bingol.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0001-8584-1658>)

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bingöl Üniversitesi, Bingöl Üniv. Müh-Mim. Fak., İnşaat Müh. Bölümü

<sup>2\*</sup>Sorumlu yazar iletişim: svarolgunes@bingol.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0001-9580-9889>)

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bingöl Üniversitesi, Bingöl Üniv. Müh-Mim. Fak., İnşaat Müh. Bölümü

## I. GİRİŞ

### A. Reaktif pudra beton (RPB)

Yıllardır, birçok araştırmacı, daha yüksek dayanımlı ve üstün mekanik özelliklere sahip betonlar üretebilmek için çaba göstermektedir. İlk kez 1970'lerde Yudenfreund arkadaşları tarafından vakumlu bir ortamda 230 MPa dayanıma sahip beton üretilmiştir [1]. Bu çalışmanın ardından Roy ve arkadaşları tarafından 50 MPa basınç ve 250°C sıcaklıktaki kür şartlarında, 510 MPa dayanıma sahip beton üretilmiştir [2]. 1981 yılında ise Bache, DSP (Densified Small Particle-Yoğunlaştırılmış Küçük Parçacık) olarak adlandırdığı malzeme yardımıyla 250 MPa dayanıma sahip numuneler elde etmiştir [3]. Üretilen betonların dayanımları yüksek olmasına rağmen, üretim şartlarının kolay olmaması sebebi ile bu betonların üretilmesi, normal şartlarda, mühendisler için pek kullanışlı olmamıştır. Ultra yüksek dayanımlı betonlar ise 1995 yılında Richard ve Cheyrezy tarafından üretilmiştir [4]. Bu betonlar daha sünek ve geçirimsiz olmalarının yanında daha iyi mekanik özelliklere de sahiptirler. Bu betonların üretiminde çimento, çok ince taneli silis dumanı ve kuvars kumu yanında çelik lifler de kullanılmaktadır. Çelik liflerin kullanımından dolayı yüksek enerji yutma potansiyeline sahip olan bu betonlar, patlamaya veya darbe etkisine maruz kalan yerlerde kullanılmışlardır [5-7]. 160 MPa üzerinde basınç dayanımına sahip olan RPB'lerde boşluk oranı çok düşüktür. İri taneler yerine ince taneli homojen kuvars tozu kullanılması, RPB'nin homojen yapıda olmasını ve malzeme kusurlarının azalmasını sağlamaktadır. RPB'lerde kullanılan çimento dozajı ise geleneksel betonlara kıyasla daha yüksektir. RPB'lerin üretimi şu şekilde açıklanabilir; Bu betonlarda ince ve iri agrega yerine kuvars kumu, kuvars tozu, yüksek dozajda çimento ve çimentonun ağırlıkça %25'ine kadar silis dumanı ikame edilir. Özellikle eğilme dayanımında önemli etkisi olan lifler, bu betonlarda hacimsel olarak yaklaşık olarak %2 civarında kullanılmaktadır.

Bu tür betonlarda, su/bağlayıcı oranı çok düşük olduğundan yeni nesil süper akışkanlaştırıcılara ihtiyaç duyulmakta ve C<sub>3</sub>A oranı düşük olan çimento türlerinin kullanımı tercih edilmektedir. RPB üretimi için genellikle katkısız Portland çimentosu yani Tip I ile 42.5 MPa veya 52.5 MPa dayanım sınıfına sahip çimentolar tercih edilmektedir. Mikron boyutundaki taneleri bir arada tutacak, bağlayıcı pastadaki boşlukları dolduracak ve en önemlisi çimento hidrasyonu sonucu meydana gelen kalsiyum hidroksit ile reaksiyona girerek puzolanik reaksiyonlar oluşturacak ve böylelikle matrise ve beton dayanımına katkı sağlayacak bir puzolan malzemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu puzolanik reaksiyonları gerçekleştirmek için, silis dumanı en tanınmış ve en ideal puzolanik malzemedir. Çimentonun hidrasyonu sonucu oluşan sönmüş kireç silis dumanı ile reaksiyona girmektedir. Bu kimyasal reaksiyon sonucu C-S-H jelleri oluşmaktadır. Silis dumanının bu etkisinden daha önemli olan bu tanelerin filler etkisi (dolgu) göstermesidir. Kalsiyum hidroksit silis dumanı ile reaksiyona girip bu boşlukları iyi bir şekilde doldurur. Silis dumanı çimento ile agregalar arasındaki çok ince boşlukları dahi doldurarak, yoğun ve yüksek dayanıma sahip bir matris oluşturur. Silis dumanı, agrega ve çimento arasındaki boşlukları azaltarak, daha homojen ve sıkı bir mikro yapının oluşmasını sağlar. Boşlukların dolması dayanıklılığın artması anlamına gelmektedir. Ne kadar pahalı olsa da yüksek dayanım, dayanıklılık ve sürdürülebilirlik gibi özellikleri nedeni tercih edilebilen bir beton türüdür.

## II. AMAÇ

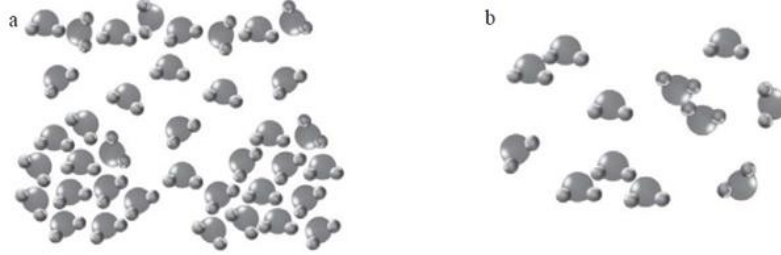
Yukarıda da açıklandığı üzere, manyetize edilmiş su farklı beton tiplerinde daha önce kullanılmıştır. Ancak bizim çalışmamızda, bir yenilik olarak, manyetize edilmiş su RPB üzerinde çalışılmıştır. Bilindiği üzere yukarıda bahsi geçen betonlar yüksek dayanımlı beton sınıfında betonlardır. Bizim çalışmamızda kullanılan beton ise ultra yüksek dayanımlı beton sınıfında bulunan RPB'dir.

Bu makalede açıklandığı üzere, bu betonların üretilebilir olması için en büyük sıkıntılardan birisi su miktarının azaltılmasıdır, zira su/çimento oranı arttıkça dayanım düşmektedir. Su/Çimento oranının düşmesi ise betonumuzun işlenebilirliğinin azalmasına neden olmaktadır. Manyetize edilmiş suyun, molekül grupları daha küçük olduğundan hem su ihtiyacını azaltmaktadırlar ve hem de işlenebilirliği pozitif yönde etkilemektedirler. Zaten bu çalışma da RPB'lerde manyetize edilmiş suyun avantajlı olduğunun ortaya konması amacı ile gerçekleştirilmiştir.

### A. Manyetik Su

Suyun genel olarak homojen bir malzeme olduğu var-sayılmaktadır ama Nano boyutlara indiğimizde su molekülleri arasında bir gruplanma oluşuyor buna su kümelenmeleri (water clusters) denilmektedir. Bu grupların boyutları suyun sıcaklığına, basınca ve suyun etrafındaki kuvvetlere bağlıdır. Bu gruplar Van der Waals kuvvetinden ve hidrojen bağlarından oluşmaktadır [8, 9]. Manyetik alanın su molekülleri üzerinde olan en önemli etkisi su molekülleri arasında olan dizimi etkilemesidir. Su molekülü iki hidrojen ve bir oksijen atomundan oluşmaktadır. Bu iki hidrojen atomunun oksijen ile arasındaki bağ V şeklindedir ve bağ açısı yaklaşık 105°

derecedir. Bildiğimiz gibi su molekülü iki kutuba sahiptir. Oksijen atomu negatif ve hidrojen atomları pozitif yüklüdür. Bu nedenle birkaç su molekülü bir araya geldiğinde iki su molekülü arasındaki  $H^+$  ve  $O^-$  atomlarının çekim kuvvetinden dolayı su molekülleri arasında yeni hidrojen bağlar oluşur. Eğer su manyetik alana maruz kalırsa ve su molekülü bu alanın şiddeti doğrultusunda olursa su molekülündeki V şeklindeki bağ açısı daha fazla açılır ve hidrojen atomları ve oksijen atomu arasındaki bağ derecesi 105 dereceden daha az olur. Bu durum su molekülleri arasındaki hidrojen bağları bozar ve daha küçük bir alanda su molekülleri meydana gelir bu durum Şekil 1de gösterilmiştir.



Şekil 1 Su molekülleri a) manyetik alandan geçmeden önce b) Manyetik alandan geçtikten sonra [10]

Manyetize edilmiş suda pH değeri yükselir ve suyun yüzeysel çekimi ise azalır. Bu nedenle suyun penetrasyon yeteneği artar ve buna ilave olarak suyun yüzeysel çekimi azalır suyun sertliği de azalmış olur. Bu durum sertleşmeye neden olan iyonların ve atomların sudan ayrılmasına neden olur ve bu maddelerin ayrılmasıyla su hafifleşir. Su kümesi (cluster water) olarak bir arada çalışan su moleküllerini daha küçük bir guruplara getirmek manyetik alanın en önemli katkısıdır. 13-50 arasında grup (cluster) halinde çalışan su molekülleri manyetik alandan geçtikten sonra en fazla 5 veya 6 tane moleküle veya daha azına düşmektedir. Tabii bu sayı da manyetik şiddetin alanına ve yönüne bağlıdır. İstikrarlı ve kararlı (stabil) durumda olan su molekülünün birleşim sayısına manyetik sayı denilmektedir.

Manyetikleşme düzeyi ve şiddeti bazı yöntemlerle ve su saflığı ile kontrol edilebilir [8, 11, 12]. Manyetik alan etkisinde yeniden düzenlenmiş ve bir arada çalışan daha küçük su molekül grupları çimento hamurunda daha kolay hareket edebilirler ve hidrasyon miktarını artırırlar. Çünkü hidrasyon alanında su tanelerinin özgül yüzey alanına da bağlıdır ve dolayısıyla su kümeleri (cluster) küçüldükleri zaman hidrasyonda etkili olan suyun özgül alanı da artmış olacaktır. Su ve arkadaşları, 2000 yılında manyetik alanın su moleküllerini nasıl etkilediğini ve daha çok penetrasyonun sağlanması gerektiğini açıklamışlar [13].

Su, çalışmalarında bağlayıcı malzeme olarak çimento yerine cüruf kullanmıştır ve farklı şiddetlerde manyetik alanı parametre olarak seçmiştir [13]. Cüruf yüzdeleri 0, 5, 15, 25 olarak seçilmiş ve manyetik alan şiddetleri ise sırasıyla 0.2-0.4-0.6-0.8-1.2 ve 1.35 olarak alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 0.8-1.2 ve 1.35 Tesla manyetik alan en iyi sonuçları sağlamıştır. Bu çalışmada basınç dayanımları %9 - %19 arasında artış göstermiştir [13].

Toledo tamamen teorik bir çalışma ile su moleküllerinin manyetik alandan nasıl etkilendiğini ve birleşmiş su moleküllerinin arasındaki bağların kırılıp daha küçük birleşmiş su moleküllerinin nasıl meydana geldiğini açıklamıştır [14].

Fu manyetikleşmiş suyun depolanabilirliğini ve depolanmış manyetik suyun 12 saat içerisinde kullanılması gerektiğini belirtmiştir [15]. Manyetik alandan geçen suyun manyetik alandan etkilenip etkilenmediğini tespit etmek için suyun yüzeysel çekim kuvveti ve pH değerindeki değişimi incelememiz gerekir ve bu konuda Rahgozar tarafından ortaya atılan çalışmanın sonuçlarını aşağıdaki Tablo-1de görebiliriz [16].

Tablo.1 Manyetik alandan geçen suyun değişiklikleri [16]

Manyetik alan (Tesla)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
Suyun yüzeysel gerilim kuvveti (N/m)	0.072	0.069	0.068	0.066	0.060	0.060
PH	6.8	7.2	7.4	7.8	7.9	7.9

### III. MATERYAL VE YÖNTEM

#### A. Materyal

Bu çalışma kapsamında çimento, kuvars kumu, kuvars tozu, silis dumanı, çelik lif, su ve süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır.

**Çimento;** Bu çalışma kapsamında Çimento Tipi I - 52,5 MPa çimento malzemesi kullanılmıştır ve çimento malzemesinin tane çapı 43 µm'den küçüktür.

**Kuvars Kumu;** Bu çalışma kapsamında kullanılan kuvars kumunun maksimum tane çapı 300 µm'dir.

**Kuvars Tozu;** Bu çalışma kapsamında kullanılan kuvars kumunun çapı 10 µm'dir. Geleneksel betonlarda tanelerin birbirine değmesi sonucunda hamur kısmında meydana gelen boşluklar artış göstermektedir ve tane çaplarının düşürülmesi ile bu boşluklar azalacaktır. Bunun sonucunda betonun porozitesi düşecek ve mukavemeti artacaktır [17].

**Silis Dumanı;** Bu çalışmada kullanılan silis dumanının en büyük tane çapı 0,15µm'dir. Silis dumanı çimento taneleri arasındaki boşluklarda filler etkisi göstererek hidrasyon sonucu oluşan Ca(OH)<sub>2</sub> ile yeniden reaksiyona girerek yeni C-S-H jelleri oluşturur. RPB üretiminde kullanılan silis dumanının oranı %20 -30 arasındadır [17].

**Karışım Suyu;** Bu çalışmada kullanılan karışım suyu içilebilir nitelikte olan şehir şebeke suyudur.

**Çelik Lifler;** Bu çalışmada hacimce %2 oranda çelik lif kullanılmıştır. Bu lifler 13 mm boyunda ve 0,15 mm çapındadır. Çekme dayanımı 1050 MPa olup özgül ağırlığı 7,85'dir.

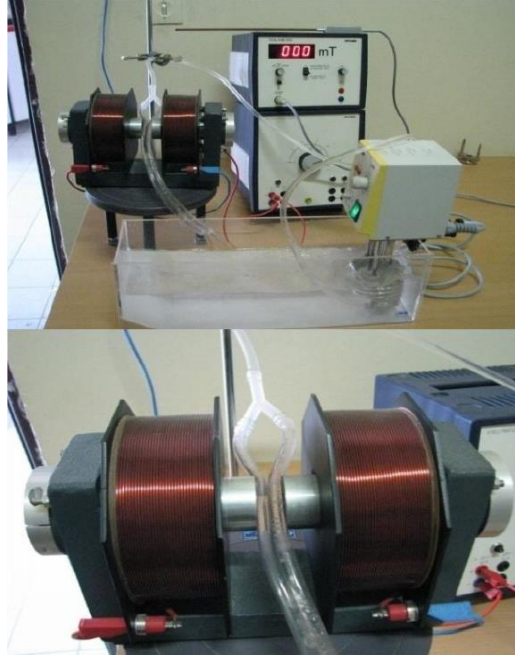
#### B. Manyetik Su Üretimi

Bir iletken akım geçirildiğinde etrafında bir manyetik alan oluştuğunu biliyoruz. Bir bobinden akım geçirildiğinde ise etrafında daha güçlü bir manyetik alan oluşur. Bu çalışmada bobin yardımı ile 0.8-1 ve 1.2 Tesla şiddetinde manyetik alan oluşturulmuş ve su 20 dakika bu manyetik alanda bekletilmiştir. Bu çalışmada kullanılan manyetize edilmiş su, Rahgozar tarafından 2015 yılında yapılan yöntemle elde edilmiştir [16].

Bu çalışmada manyetize edilen suyumuzun manyetizma öncesi ve sonrasındaki pH ve yüzey gerilim kuvvetleri ölçülmüştür. pH değeri 0.8 ve 1 Tesla şiddetleri için artmıştır ama 1.2 Tesla şiddetinde 1 Tesla şiddetine göre sabit kalmıştır ve bu Rahgozar' in çalışmasına benzer sonuçlar vermiştir [16]. Ancak yüzeysel su gerilim kuvveti, manyetik alan şiddeti arttıkça, azalmıştır. Sadece 1.2 Tesla şiddetinde iken çok cüzi miktarda tekrardan artış göstermiştir. Ölçülen değerler aşağıdaki tablodaki gibidir.

**Tablo- 2** Manyetize edilmiş suyun pH ve yüzey gerilim kuvveti

Manyetik alan şiddeti (Tesla)	0	0.8	1	1.2
Yüzeysel gerilim kuvveti çekimi (N/m)	0.073	0.064	0.057	0.059
pH	6.9	7.8	7.9	7.9



Şekil 2 Manyetik suyun elde edilme süreci [16]

#### C. Reaktif Pudra Betonun Karışım ve Kürü

RPB Betonun mekanik özelliklerinin iyileştirilmesinde sıcaklık kürü uygulanan yöntemlerden biridir. Hidratasyon sırasında malzemelerin kristalleşmesi ve silis içerikli filler malzemelerin puzolanik reaksiyonuna başlamasında kür sıcaklığının önemi büyüktür [18]. Yüksek basınçlı buhar kürü (otoklav) ile 28 günlük standart kür dayanıma 24 saatte erişilebilmektedir [19].

Bu çalışmada üretilen RPB ler, otoklav ve farklı sıkıştırma yöntemleri kullanılmadan, daha ekonomik ve çok daha pratik bir yöntemle, yalnız şişlenerek kalıplara yerleştirilmek suretiyle üretilmiştir. Üretilen numunelerin boyutları 50x50x50 mm<sup>3</sup> dir.

#### D. Karışım Hesabı ve Numunelerin Hazırlanması

Tablo-3 Lifli ve lifsiz RPB betonunun karışım hesabı (kg).

Malzeme	Çimento	Silis Dumanı	Silis Kumu	Silis Tozu	Süper Akışkanlaştırıcı	Çelik Lif	Su	Su/Çimento
Lifli	750	187.5	894	158	35	157	201	0.268
Lifsiz	765	183.82	911.18	161.16	35.7	-	205.02	0.268

Homojen dağılımın sağlanması için öncelikle kuru (katı) malzemeler karıştırıcıya dökülerek 5 dakika boyunca karıştırılmıştır. Daha sonra karışım suyunun ve süper akışkanlaştırıcının yarısı ilave edilip 4 dakika karıştırılmıştır. Bu işlemin ardından su ve süper akışkanlaştırıcının kalan kısmı ilave edilip 4 dakika daha karıştırılmıştır.

Daha sonra çelik lif ilave edilmiş ve 2 dakikalık süre için karıştırma işlemi uygulanmıştır. Elde edilen taze haldeki RPB yağlanan kalıplara doldurulmuştur. 24 saatlik süre sonunda oda koşullarında sertleşen RPB numuneleri kalıplardan çıkarıldıktan sonra 3 gün boyunca 90°C su içerisinde kür edildikten sonra 25°C sıcaklıktaki kür havuzunda, 7 ve 28 günlük yaşlarına gelinceye kadar bekletilmiş ve basınç ve eğilme dayanım deneylerine tabi tutulmuştur.

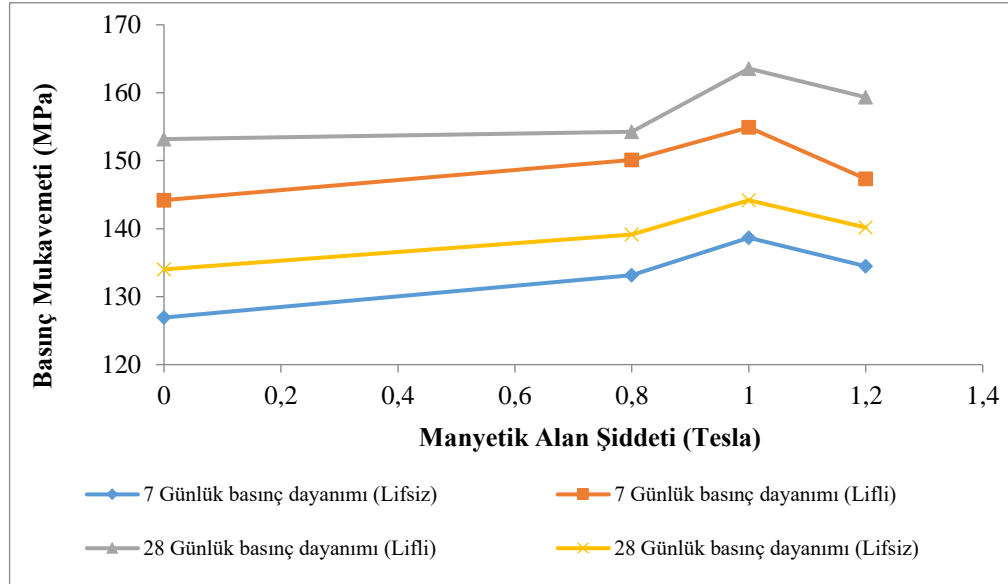
#### IV. BULGULAR

##### A. Manyetik Su Kullanımının RPB Betonunun Basınç ve Eğilme Dayanımı Üzerindeki Etkisi

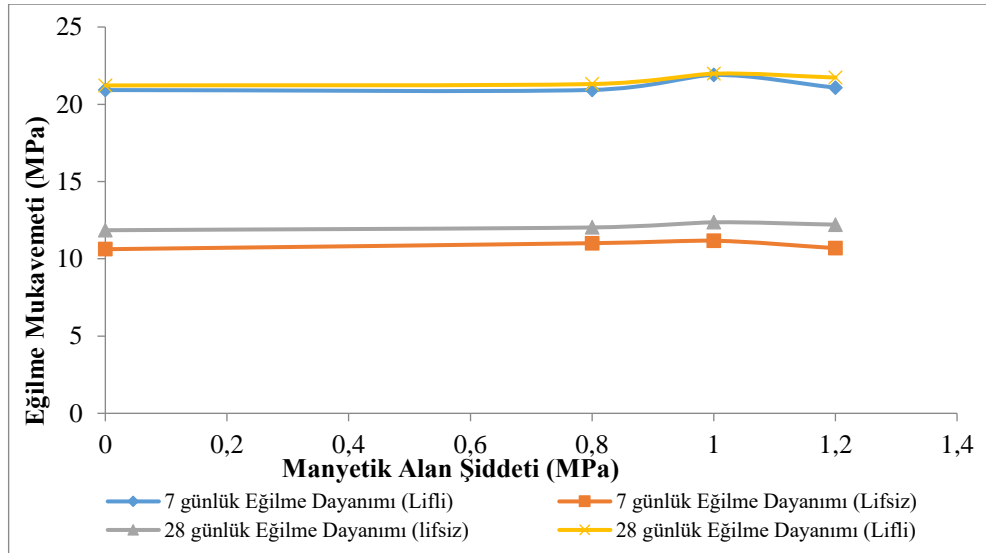
Lifli ve lifsiz RPB betonlarının 7 ve 28 günlük basınç ve eğilme dayanımları Tablo-4, Şekil-3 ve Şekil-4 de gösterilmiştir. Bu çalışmanın amacı manyetik suyun etkisini ve otoklav kullanılmadan RPB üretimi için en iyi kür koşullarını tespit etmektir. RPB üretimi için 90°C derece sıcaklıktaki kür koşullarının, bu amaç için en uygun koşullar olduğunu, yukarıda gösterilen yazarm önceki çalışmasından biliyoruz [17]. Giriş bölümünde yüksek dayanımlı betonların elde edilebilmesi için çok düşük miktarlarda su/çimento miktarlarının kullanımı vurgulanmıştır. Bu amaçla silis dumanı içeren yüksek dayanımlı betonların karışımında süper akışkanlaştırıcıların kullanımı kaçınılmazdır. Manyetize edilmiş su moleküllerinin daha küçük su moleköl grupları meydana getirdiği önceden açıklanmıştır. Özellikle lifli numunelerimizde çökme (slump) değerimiz çok azdır. Bu yüzden manyetize edilmiş suyun pozitif etkisinin olup olmadığını bu çalışmada yalnız basınç ve eğilme dayanımı üzerindeki etkisiyle değerlendirilmiştir. Bu çalışmada yalnız 1 karışım hesabı vardır ve otoklav olmadan en iyi kür şartı 90°C derece sıcaklıkta kür edilen numunelerden elde edilmiştir [17]. Aşağıda Tablo-4 de manyetize edilmiş suyun, 90°C de kürlenmiş numuneler üzerinde, basınç ve eğilme dayanımlarında oluşan değişiklikler sunulmuştur. Elde edilen değerler, 3 numunenin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

**Tablo-4** Farklı manyetik alanda bekletilen suyun basınç ve eğilme dayanımındaki etkisi

Manyetik alan şiddeti	Lif Durumu	7 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)		28 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)		7 Günlük Eğilme Dayanımı (MPa)		28 Günlük Eğilme Dayanımı (MPa)	
		Normal su	Manyetik su	Normal su	Manyetik su	Normal su	Manyetik su	Normal su	Manyetik su
0.8 Tesla	Lifsiz	126.93	133.14	134.01	139.16	10.62	11.01	11.85	12.03
	Lifli	144.20	150.13	153.18	154.26	20.92	20.93	21.22	21.31
1 Tesla	Lifsiz	126.93	138.67	134.01	144.19	10.62	11.17	11.85	12.36
	Lifli	144.20	154.9	153.18	163.56	20.92	21.90	21.22	21.98
1.2 Tesla	Lifsiz	126.93	134.5	134.01	140.17	10.62	10.69	11.85	12.21
	Lifli	144.20	147.32	153.18	159.36	20.92	21.08	21.22	21.73



**Şekil-3** Manyetik suyun RPB betonunun basınç dayanımına etkisi

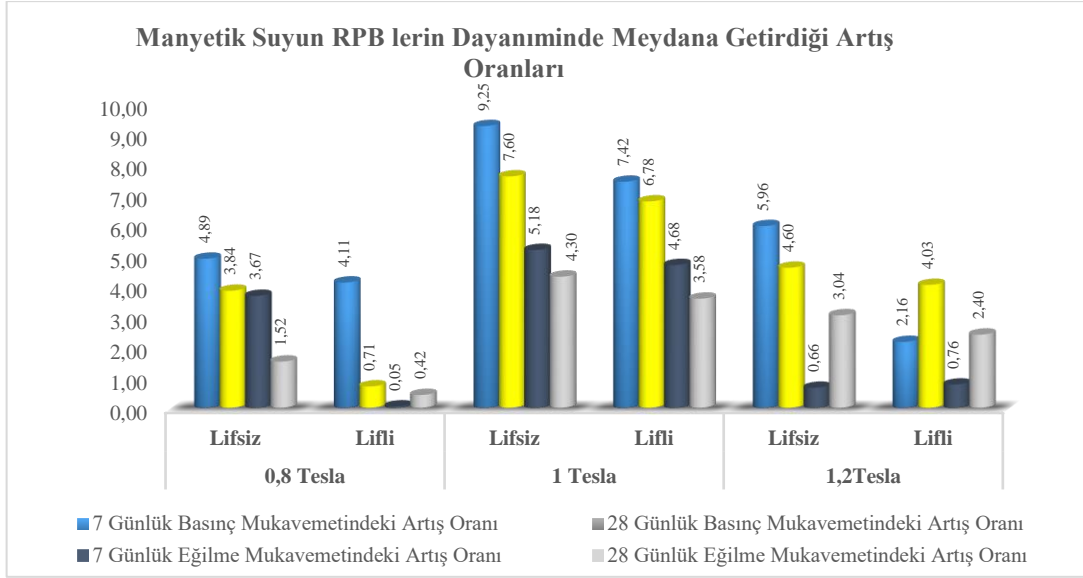


Şekil-4 Manyetik suyun RPB betonunun eğilme dayanımında olan etkisi

Sonuçları incelediğimizde manyetize edilmiş suyun 7 ve 28 günlük numuneler üzerindeki eğilme ve basınç dayanımlarında meydana gelen pozitif etkisini görüyoruz. Maksimum artış lifli ve lifsiz numunelerde 1tesla manyetik alanında bekletilmiş sudan olmuştur. 1Tesla manyetik alanda bekleyen suyu karışım suyu olarak kullandığımızda Lifsiz numunelerde 7 ve 28 günlük basınç dayanımları sırası ile %9.24 ve %7.59 artış göstermiştir. Eğilme numunelerinde 7 ve 28 günlük dayanımlarındaki artış %5.17 ve %4.30 olmuştur. Buna benzer olarak lifli numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarındaki artış sırası ile %7.42 ve %6.77 olmuştur. Lifli numunelerdeki eğilme dayanımındaki artış 7 ve 28 günlük numuneler için %4.68 ve %3.58 olmuştur.

Tablo 1. Manyetik suyun RPB lerin dayanımındaki artış oranları

Manyetik alan şiddeti	Lif Durumu	7 Günlük Basınç Dayanımındaki Artış Oranı	28 Günlük Basınç Dayanımındaki Artış Oranı	7 Günlük Basınç Dayanımındaki Artış Oranı	28 Günlük Basınç Dayanımındaki Artış Oranı
0.8 Tesla	Lifsiz	4.89 %	3.84 %	3.67 %	1.52 %
	Lifli	4.11 %	0.71 %	0.05 %	0.42 %
1 Tesla	Lifsiz	9.25 %	7.60 %	5.18 %	4.30 %
	Lifli	7.42 %	6.78 %	4.68 %	3.58 %
1.2 Tesla	Lifsiz	5.96 %	4.60 %	0.66 %	3.04 %
	Lifli	2.16 %	4.03 %	0.76 %	2.40 %



Şekil 4. manyetik suyun RPB lerin dayanımında meydana getirdiği artış oranları

## V. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yukarıda Şekil-1 de anlatıldığı üzere, manyetik alanın su molekülleri üzerindeki en önemli etkisi, su molekülleri arasındaki dizilimi düzenlemesidir. Moleküller dağınık halden düzenli dizilime geldikten sonra hacimleri azalmakta ve daha küçük boşluklara girebilme potansiyeline ulaşmaktadırlar. Böylece daha iyi bir hidrasyona neden olmaktadır. Dolayısıyla betonun içindeki boşlukları azaltmakta ve daha boşluksuz ve yoğun bir matrisin oluşumuna neden olmaktadır. Bu da betonun basınç ve eğilme dayanımını daha olumlu bir şekilde etkilemektedir. Aynı zamanda suyun manyetize edilerek kullanılması, betonun işlenebilirliğini de olumlu yönde etkilemektedir.

Yapılan bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

1. Her 3 manyetik alan şiddeti (0.8, 1 ve 1.2 Tesla), 90°C sıcaklıkta su ile kür yönteminden elden edilen RPB numunelerinin dayanımlarının iyileşmesine neden olmaktadır ancak bu çalışma şartlarında en iyi manyetik alan şiddeti 1 Tesla olarak tespit edilmiştir. Yani 1 Tesla şiddeti, RPB için optimum manyetizma şiddeti olarak öne çıkmaktadır.
2. Manyetik su 7 günlük eğilme ve basınç dayanımında, 28 günlük eğilme ve basınç dayanımına göre daha fazla pozitif etki göstermektedir. Bunun sebebi hidrasyonun daha hızlı gerçekleşmesidir.
3. Şekil 4 te manyetik suyun RPB'lerin dayanımı üzerindeki artış oranları görülmektedir. 0.8, 1 ve 1.2 Tesla şiddetlerinde Manyetize edilmiş suyun 7 ve 28 günlük numunelerin eğilme ve basınç dayanımları üzerinde olumlu etkileri vardır. Lifsiz numunelerde 7 ve 28 günlük basınç dayanımları sırası ile % 9.25 ve % 7.60 artış göstermiştir. Eğilme numuneleri üzerinde 7 ve 28 günlük dayanımlardaki artış % 5.18 ve % 4.30 olmuştur. Buna benzer olarak lifli numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarındaki artış sırası ile % 7.42 ve % 6.78 olmuştur. Lifli numuneler üzerindeki eğilme dayanımındaki artış 7 ve 28 günlük numuneler için % 4.68 ve % 3.58 bulunmuştur.

Manyetize edilmiş suyun üretimi çok ucuz ve basittir. Bu işlemi yapmakla betonun işlenebilirliğini olumlu yönde etkileyebiliriz. Ayrıca, çalışmanın sonuçları göstermektedir ki, RPB betonunun 7 ve 28 günlük basınç dayanımları olumlu yönde etkilenmiştir. RPB'lerde süper akışkanlaştırıcı malzeme ile birlikte manyetize su kullanımını kesinlikle tavsiye etmekteyiz.

En önemli sonuç ve de gelecekte farklı kullanımlara ışık tutmak adına belirtmek isteriz ki, bu çalışmada önerilen yöntem ile sıkıştırılmadan ve otoklava gerek duyulmadan, 90 derece sıcaklıkta kürlenmiş numunelerin basınç dayanımları, otoklav kür yöntemiyle kürlenmiş numunelerden elde edilen sonuçlara çok çok yakın olduğundan, bu kür yöntemi ve manyetize edilmiş su kullanımı RPB lerin üretimi için bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Bu ise RPB üretiminde büyük bir ekonomi ve kolaylık sağlamaktadır.



#### KAYNAKLAR

- [1] Afshin, H., Gholizadeh, M., & Khorshidi, N. (2010). Improving mechanical properties of high strength concrete by magnetic water technology. *Scientia Iranica*, 17.
- [2] Bache, H. H. (1981). *Densified cement/ultra-fine particle-based materials*: Aalborg Portland Aalborg, Denmark.
- [3] Bonneau, O., Lachemi, M., Dallaire, E., Dugat, J., & Aitcin, P.-C. (1997). Mechanical properties and durability of two industrial reactive powder concretes. *Materials Journal*, 94(4), 286-290.
- [4] Cheyrezy, M., Maret, V., & Frouin, L. (1995). Microstructural analysis of RPC (reactive powder concrete). *Cement and Concrete Research*, 25(7), 1491-1500.
- [5] Choi, M. S., Kim, Y. S., Kim, J. H., Kim, J.-S., & Kwon, S. H. (2014). Effects of an externally imposed electromagnetic field on the formation of a lubrication layer in concrete pumping. *Construction and Building Materials*, 61, 18-23.
- [6] Feylessoufi, A., Crespin, M., Dion, P., Bergaya, F., Van Damme, H., & Richard, P. (1997). Controlled rate thermal treatment of reactive powder concretes. *Advanced cement based materials*, 6(1), 21-27.
- [7] Fu, W., & Wang, Z. (1994). The new technology of concrete engineering. *Beijing: The Publishing House of Chinese Architectural Industry*, 56-59.
- [8] Karabulut, A. Ş. (2006). *Reaktif Pudra Betonunun Özelliklerinin Mineral Katkılarla Geliştirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [9] Mohabbi, M., & Varolgüneş, S. (2019). Farklı Kür Koşullarının Reaktif Pudra Betonların Mekanik Özelliklerine Etkisi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi (DUMF)*, baskı aşamasında.
- [10] Rahgozar, M. A., & Zamani, M. (2015). Performance and Properties of Concrete with Magnetic Water.
- [11] Reddy, B. S. K., Ghorpade, V. G., & Rao, H. S. (2013). Effect of magnetic field exposure time on workability and compressive strength of magnetic water concrete. *Int J Adv Engg Tech/IV/III/July-Sept*, 120, 122.
- [12] Reddy, V. S., Kumar, A. K., & Sumanth, A. (2017). Effect of Magnetic Field Treated Water on Fresh and Hardened Properties of Concrete. *environments*, 3, 4.
- [13] Richard, P., & Cheyrezy, M. (1995). Composition of reactive powder concretes. *Cement and Concrete Research*, 25(7), 1501-1511.
- [14] Roux, N., Andrade, C., & Sanjuan, M. (1996). Experimental study of durability of reactive powder concretes. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 8(1), 1-6.
- [15] Roy, D. M., Gouda, G., & Bobrowsky, A. (1972). Very high strength cement pastes prepared by hot pressing and other high pressure techniques. *Cement and Concrete Research*, 2(3), 349-366.
- [16] Su, N., Wu, Y.-H., & Mar, C.-Y. (2000). Effect of magnetic water on the engineering properties of concrete containing granulated blast-furnace slag. *Cement and Concrete Research*, 30(4), 599-605.
- [17] Toledo, E. J., Ramalho, T. C., & Magriotis, Z. M. (2008). Influence of magnetic field on physical-chemical properties of the liquid water: insights from experimental and theoretical models. *Journal of Molecular Structure*, 888(1-3), 409-415.
- [18] Xiao-Feng, P., & Xing-Chun, Z. (2013). The Magnetization of Water Arising From a Magnetic-Field and Its Applications in Concrete Industry. *Institute of Life Science and Technology, University Science and Technology*, 3, 1541-1552.
- [19] Yudenfreund, M., Odler, I., & Brunauer, S. (1972). Hardened portland cement pastes of low porosity I. Materials and experimental methods. *Cement and Concrete Research*, 2(3), 313-330.