



**Trakya Üniversitesi  
Mühendislik Bilimleri Dergisi**

**Cilt: 18      Sayı: 2      Aralık      2017**

**TRAKYA  
UNIVERSITY  
JOURNAL OF  
ENGINEERING  
SCIENCES**

**Volume: 18    Number: 2    December 2017**

**Trakya Univ J Eng Sci**

<http://dergipark.gov.tr/tujes>  
[tujes@trakya.edu.tr](mailto:tujes@trakya.edu.tr)

**ISSN 2147-0308**

# **Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**

**Cilt: 18**

**Sayı: 2**

**Aralık**

**2017**

# **Trakya University Journal of Engineering Sciences**

**Volume: 18**

**Number: 2**

**Aralık**

**2017**

# **Trakya Univ J Eng Sci**

<http://dergipark.gov.tr/tujes>  
[tujes@trakya.edu.tr](mailto:tujes@trakya.edu.tr)

**ISSN 2147-0308**

**Dergi Sahibi / Owner**

Trakya Üniversitesi Rektörlüğü, Fen Bilimleri Enstitüsü Adına  
On behalf of Trakya University Rectorship, Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Prof. Dr. Murat YURTCAN

**Baş Editör / Editor-in-Chief**

Doç. Dr. Hacı Ali GÜLEÇ

**Dizgi / Design**

Doç. Dr. H. Ali GÜLEÇ  
Doç. Dr. Cem ÇETİNARSLAN  
Yrd. Doç. Dr. Altan MESUT  
Yrd. Doç. Dr. Esmâ MIHLAYANLAR  
Yrd. Doç. Dr. Gökhan KOÇYİĞİT

**İletişim Bilgisi / Contact Information**

Address : Trakya Üniversitesi, Enstitüler Binası, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Balkan Yerleşkesi, 22030, Edirne / TÜRKİYE  
Web site : <http://dergipark.gov.tr/tujes>  
E-mail : [tujes@trakya.edu.tr](mailto:tujes@trakya.edu.tr)  
Tel : +90 284 2358230  
Fax : +90 284 2358237

**Baskı / Publisher**

Trakya Üniversitesi Matbaa Tesisleri  
Trakya University Publishing Centre

**Editör Kurulu / Editorial Board**

Altan MESUT	Bilgisayar Mühendisliği Bölümü	Trakya Üniversitesi
Ayşegül AKDOĞAN EKER	Makine Mühendisliği Bölümü	Yıldız Teknik Üniversitesi
Aysu UĞURLAR	Şehir ve Bölge Planlama Bölümü	Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Aytaç ALPASLAN	Elektrik-Elektronik Mühendisliği Böl.	Trakya Üniversitesi
A. Can ZÜLFİKAR	İnşaat Mühendisliği Bölümü	Trakya Üniversitesi
Burhan ÇUHADAROĞLU	Makine Mühendisliği Bölümü	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Cem S. ÇETİNARSLAN	Makine Mühendisliği Bölümü	Trakya Üniversitesi
Esmâ MIHLAYANLAR	Mimarlık Bölümü	Trakya Üniversitesi
Gökhan KAÇAR	Genetik ve Biyo-mühendislik Bölümü	Trakya Üniversitesi
İsa CAVİDOĞLU	Gıda Mühendisliği Bölümü	Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Metin AYDOĞDU	Makine Mühendisliği Bölümü	Trakya Üniversitesi
Mustafa ERGEN	Kentsel Tasarım ve Peyzaj Mim. Böl.	Amasya Üniversitesi
Özer GÖKTEPE	Tekstil Mühendisliği Bölümü	Namık Kemal Üniversitesi
Pelin ONSEKİZOĞLU BAĞCI	Gıda Mühendisliği Bölümü	Trakya Üniversitesi
Rukiye Duygu ÇAY	Peyzaj Mimarlığı Bölümü	Trakya Üniversitesi
Semra HASANÇEBİ	Genetik ve Biyo-mühendislik Bölümü	Trakya Üniversitesi
Timur KAPROL	Mimarlık Bölümü	Trakya Üniversitesi
Tolga SAKALLI	Bilgisayar Mühendisliği Bölümü	Trakya Üniversitesi
Tülay YILDIRIM	Elektronik ve Haberleşme Müh. Böl.	Yıldız Teknik Üniversitesi
Türkan GÖKSAL ÖZBALTA	İnşaat Mühendisliği Bölümü	Ege Üniversitesi
Utku GÜNER	Biyoloji Bölümü	Trakya Üniversitesi
Ümit GEÇGEL	Gıda Mühendisliği Bölümü	Namık Kemal Üniversitesi

## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

### **XVI. Yüzyıldan günümüze eko-köylerin tanımlama yaklaşımlarına göre karakteristik özelliklerinin saptanması**

Bedriye ASIMGİL 95-111

### **Amasya's urbanization problems**

Yasar Bahri ERGEN 113-119

### **Experimental and computational research on the fire behavior of restrained reinforced concrete columns – Part II**

Ataman HAKSEVER 121-136

### **Antisimetrik $Al_{xL}Ga_{1-xL}As/GaAs/Al_{xR}Ga_{1-xR}As$ kuantum kuyusunda sıcaklık ve hidrostatik basınç etkileri**

Serpil SUCU, Sema MİNEZ, Hasan AKBAŞ 137-143

### **Uzak kızılötesi ışın yayan kumaş ve iplikler**

İsmail YÜCE 145-151

## XVI. YÜZYILDAN GÜNÜMÜZE EKO-KÖYLERİN TANIMLAMA YAKLAŞIMLARINA GÖRE KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİNİN SAPTANMASI

Bedriye ASIMGİL\*

*Balıkesir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Balıkesir, Türkiye*

**Özet:** Çalışma, dünyadaki turizm aktivitelerinde görülen gelişmelere paralel olarak ülkemizde de yaygınlaşan eko-köyleri konu edinmektedir. Geniş ve birbirinden farklı turist topluluklarının beklentilerine cevap vermesi arzu edilen hizmet çeşitliliği, eko-köylerin çok farklı büyüklük ve hizmet kapasitesiyle birlikte her birinin kendine özgü nitelikte tasarıma sahip olmasını gerektirmektedir. Bu gibi nedenlerden dolayı eko-köyler yıldızlı oteller gibi standardize edilememektedir. Bu durumun sonuçlarından biri literatürde eko-köye ait kesin bir tanımın bulunmamasıdır. Bu nedenle bir turizm yapısını eko-köy olarak tanımlayan unsurların belirlenmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla eko-köylere ilişkin tanımlama yaklaşımları tespit edilerek, bu yaklaşımlar ışığında eko-köylerin özgün karakterinin biçimlenmesinde etkin olan ve “eko-köy” olarak tanımlanmasını sağlayan kriterler saptanmaya çalışılmıştır. Konu alanında öncü araştırmacıların, 16. yüzyıldan 21. yüzyıla kadar sürdürülebilir topluluk ütopyasını tanımlamakta kullandıkları kavramların taranmasıyla elde edilen bulgular ışığında kavramsal çıkarımlar yapılmıştır. Bu kavramlar 8 ana başlıkta toplanmıştır. Yeni yaşam tarzı oluşturma, komün yaşam, kentsel çözüm, yerleşim önerme, bütüncül sistem oluşturma, eko-köy yorumu, strüktürel yapı ve ortak uyum oluşturma şeklinde oluşturulan kavram başlıkları da ütöplastlerin yaklaşımlarından edinilen literatür bilgisine bağlı olarak alt başlıklara ayrılmıştır. Bu kavramlar ışığında eko-köylerin biçimlenmesinde etkin olan yedi karakteristik unsur belirlenmiştir ve bu kavramların kullanılma sıklıkları saptanmaya çalışılmıştır. Eko-köylerin turistik hareketlilikte yeni bir yaşam tarzı geliştirme, komün yaşamı destekleme, kentsel sorunlara çözüm arayışları, bölge özelliklerini yansıtan yerleşim modelleri, bütüncül sistem içinde eko-köylerin yeniden yorumu ve strüktürel yapılarına ilişkin karakteristikleri, 16. Yüzyıldan günümüze kadar eko-köyler üzerinde kavramsal yaklaşımlarda bulunan bazı ütöplastlerin dönem yaklaşımları ve bu kavramları kullanma sıklıkları ile birlikte değerlendirilmiştir.

Bu yaklaşımlar ışığında eko-köy yerleşimlerinin oluşumuna etki eden faktörler tespit edilmiş ve bu aşamada araştırmacının temel hipotezleri de oluşturulmaya başlanmıştır. Bu hipotezlerin Türkiye’de eko-köy yerleşim planlamalarına, lokasyon, arazi seçimi, yerin coğrafi özellikleri, kurulum amaçları ve hedef kitleye beklentiler doğrultusunda hizmet edebileceği amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Eko-köy; Tarihsel gelişim; Tanımlama yaklaşımları; Tanımlayıcı özellikler.

### THE DETERMINATION OF CHARACTERISTICS OF ECO VILLAGES ACCORDING TO THE ITS IDENTIFICATION APPROACHES

**Abstract:** In parallel with the developments in tourism activities in the world, the study is about eco-villagers who are becoming popular in our country. The diversity of services of eco-villages desired to respond to the expectations of large and diverse tourist communities requires that eco-villagers have their own unique design with very different sizes and service capacities. Due to such reasons, eco-villages cannot be standardized like star hotels. One of the consequences of this situation is that there is no definite definition about eco-villages in the literature. For this reason, it is necessary to determine the elements of eco-village that define a tourism structure. For this purpose, identification approaches related to eco-villages have been determined which are effective in shaping the original character of eco-villages in the light of these approaches. Conceptual inferences have been made in the light of findings obtained by leading researchers in the subject area by scanning the concepts they used to describe sustainable community utopia from the 16<sup>th</sup> century to the 21<sup>st</sup> century. In the light of these concepts, seven characteristic elements that are effective in shaping eco-villages have been identified according to their frequency of use. These

concepts are summarized in 8 main topics. Conceptual headings formed as new life style creation, communal life, urban solution, proposal of settlement, creation of holistic system, eco-village interpretation, structural structure and joint harmony are also divided into subheadings according to the literature knowledge obtained from the approaches of utopists. In the light of these concepts, seven characteristic elements that have been effective in shaping eco-villages have been identified and the frequency of use of these concepts has been tried to be determined. Eco-villages' development of a new lifestyle in tourist mobility, supporting communal life, seeking solutions to urban problems, residential models reflecting regional characteristics, reinterpretation of eco-villages and structural characteristics of eco-villages in the holistic system, and the frequency of use of these concepts are evaluated according to conceptual approaches of some of the utopians researchers. Basic hypotheses of the research started to be established at this stage. It is aimed that these hypotheses can serve for eco-village settlement planning in Turkey, location, site selection, geographical features, installation purposes and target audience expectations.

**Keywords:** Eco-village; historical development; identification approaches; descriptive features.

## Giriş

20. yüzyılın ikinci yarısından sonra, özellikle ekonomik gelişmeler, kültürel ve ideolojik değişimler, çalışan nü-fusun potansiyeli, sanayileşmiş toplumların sıkıntıları, bireylerin doğal ve kültürel çevreye olan algısını ve önemini arttırmıştır. Farklı ekonomik, sosyo-kültürel düzeye sahip kişilerin farklı istekleri, beğenileri, beklentilerine yönelik eğilimlerde de değişimler görülmeye başlanmıştır (Erman, 2013).

Topluluk portföyünde ve beklentilerdeki çeşitlilik, kaçınılmaz olarak doğal hayatın devamında, geleneksel kültürün yaşatılması ile ilgili olarak çevre ve kültürel değerlerin önem kazandığı, sanayileşmiş toplumlara yol gösterici yerleşkelerin toplum hareketliliği amaçlı şekillenmesine ve çeşitlenmesine neden olmuştur (Gilman, 1991).

Son yıllarda dünyada gelişim gösteren ve buna paralel olarak ülkemizde de yaygınlaşan eko-köy yerleşimleri, günlük yaşam tarzından uzaklaşmak isteyenler için, kişilerin köy sosyal hayatı içinde aktif olarak rol alabilecekleri, toplum hareketliliğinin şekillenmesine ve çeşitlenmesine ve ortak kullanım hareketinin yaratılmasına olanak tanımışlardır.

Ancak çok yeni bir kavram olmasına rağmen hızla artış gösteren eko-köy yerleşimler konusunda yapılan çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir (Güleryüz,2003). Eko-köyler konusunda çalışmaların oldukça sınırlı oluşu bu konuda bir araştırma yapma

gereğini ortaya çıkarmıştır.

Bir eko-köy yerleşimi oluşturmak için kesin ve ortak bir yöntem bulunmamaktadır. Her eko-köy yerleşiminin kurulma hikâyesi, yöntemleri birbirinden farklıdır, kurdukları yerin coğrafi özellikleri ve kurulum amaçları değişkenlik göstermektedir. Yine de, bazı araştırmacılar ideal ve sürdürülebilir bir eko-köy kurulumu için gerekli olan aşamaları belirlemeye çalışmış ve çalışmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları, Robert Gilman, Diana Christian ve Hugh Barton'a aittir. İsmi geçen araştırmacılar kendi alanlarında farklı araştırmalar yapmış ve eko-köy oluşturmak için gerekli olan kılavuz bilgileri derlemeye çalışmış, sürdürülebilir topluluklar ve eko-köyler hakkında kitap ve makaleler kaleme almışlardır.

Araştırmacılar, eko-köy girişimleri incelediğinde, sürdürülebilir ve başarılı bir eko-köy oluşturma sürecinde karşılaşılan birçok zorlukları işaret etmektedir. Bu yayınlarda, eko-köy girişimlerinin başarısızlıklarının nedenleri araştırılmış, eko-köy kurma sürecindeki kişilere önerilerde bulunulmuştur. Eko-köy kurulumunda, yerleşimin planlaması, binaların inşası, yerleşimin üzerinde yaşayacak kişilerin seçimi, karar verme mekanizmasının ve yönetimin belirlenmesi gibi birçok konunun dikkate alınması gerektiğini vurgulamışlardır (Barton, 2000).

Çalışma, öncelikle, 1800'lü yıllardan günümüze, sürdürülebilir topluluk ütopyasından hareketle, geçmişteki düzenin benzeri bir yerleşim ve toplum

oluşturma öngörüsünden yola çıkılarak, Thomas More, Andre Godin, Charles Fourier, Robert Owen vb. ütöplastler tarafından kullanılan kavramları ele almaktadır. Bu kavramlara daha sonra 21. Yüzyılda Robert Gilman, Hugh Barton ve Diana Christan'ın ütöplast yaklaşımları eklenmiştir. Geçmişten bugüne tanımlanan kavramlar ışığında, eko-köy yerleşimlerinin karakteristik unsurlarını belirlemeyi hedefleyen bu çalışmanın, eko-köy yerleşim planlamalarına yol gösterici olması hedeflenmektedir.

### Yöntem

Çalışmada nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. İlk olarak çalışmanın konusu belirlenmiş, kaynak taraması, literatür ve arşiv araştırması yapılarak sürdürülebilir yerleşimler, eko-köy yerleşmeleri gibi kavramlar analiz edilmiş, bu kavramların tarihsel süreçte gelişimi incelenmiştir. Tarihsel süreçte, özellikle dünyada ve Türkiye'de bulunan eko-köy yerleşimi örneklerinin incelenmesinde, 16. Yüzyıl öncesinden günümüze kadar olan süreçte, ütöplast yaklaşımlar Thomas More, Andre Godin, Ebenezer Howard, Frank Lloyd Wright, Richard Sennett, Robert Gilman, Diana Christian ve Hugh Barton gibi öncü araştırmacıların eko-köyleri değerlendirme yaklaşımları ilgili literatür kaynaklar kullanılarak ortaya konulmuştur. Literatür taraması ile eko-köyleri tanımlatan 8 temel değerlendirme yaklaşımı ve karakteristiği ortaya konmuştur. Eko-köy planlamasında 8 temel karakteristiğe yer verilmesinin amacı, her biri farklı özelliklere ve kullanım amacına sahip eko-köylerin kentsel bir çözüm önermesi gerektiği, bu planlama yaklaşımının da ancak bütüncül bir sistem ile mümkün olabileceğinin geçmiş yüzyıllarda deneyimlenmiş olmasıdır. Eko-köy yerleşimlerin komün yaşamı temel alan deneysel bir ortam sunması, günümüz yaklaşımlarına ışık tutar nitelikte, dönem ütöplastlerinin değerlendirme yaklaşımlarını içeren literatür çalışmalarına ulaşılmasına zemin hazırlamıştır. Bu yaklaşımlar ışığında eko-köy yerleşimlerinin oluşumuna etki eden

faktörler tespit edilmiş ve bu aşamada araştırmanın temel hipotezleri de oluşturulmaya başlanmıştır. Bu hipotezlerin Türkiye'de eko-köy yerleşim planlamalarına, lokasyon, arazi seçimi, yerin coğrafi özellikleri, kurulum amaçları ve hedef kitleye beklentiler doğrultusunda hizmet edebileceği amaçlanmaktadır.

Alt ve üst yapı, sosyal, kültürel-ekonomik ve çevre değerleriyle turizme açılacak özellikteki çekirdek köyler ise, günübirlik ziyaret olanakları ve destek tesislerine ihtiyaç duyan ve (ulaşım ile ilgili yollar, yol işaretleri, benzin istasyonları, kafeterya ve terminaller vs.), yerleşimler olduğu için çalışmada konu dışı bırakılmıştır.

Çekirdek köyler ancak bölgenin iklimsel özellikler, flora fauna, özellikleri, arazi yapısı, doğal ve mimari çevresiyle birlikte köy kullanımının oluşturulmasıyla eko-köy kapsamında değerlendirilebilir.

### Eko-köy kavramının ortaya çıkışı

Sanayileşmiş ülkelerde yaşam kalitesinin 1970'lerde en yüksek seviyesine çıkmasına rağmen dünya genelinde yapılan ekolojik ayak izi analiz raporlarında, dünya üzerindeki yaşamın, sürdürülebilir olmadığı belirtilmektedir. Doğal kaynakların tükenmeye başlaması ile bozulan ekolojik dengenin dünya yaşamındaki olumsuz etkileri, sürdürülebilir bir ortak yaşamın oluşturulmasını gündeme getirmiştir. Hildur-Ross Jakson çiftinin kurduğu Gaia Vakfı "Sürdürülebilir topluluklar" konusunda Robert Gilman'a yaptırdığı alan çalışması ile ilgili raporda; eko-köyler, "İnsan etkinliklerinin zararsız bir şekilde doğa ile bütünleştiği, sağlıklı insan gelişimini destekleyen ve başarılı bir biçimde kesintisiz olarak sürebilecek insan ölçeğindeki tam teşekküllü yerleşimlerdir" diye açıklanmaktadır. (Dawson,2006, Tuğun, Karaman, 2014) Eko-köyler, çevre değerlerinin sürdürülebilirliği için çevresel alanlarda kırsal ve doğal hayatın devamlılığını sağlayan köy yerleşim birimleridir. "Eko-köyler" kitabının yazarı



Jonathan Dawson, İskoçya'daki Findhorn eko-köyünde yaşamakta olan sürdürülebilirlik üzerine çalışan bir eğitmen ve aktivisttir. Kitapta, belirsizlik içindeki geleceğimizde, yaşanması olası krizlerle başa çıkmada eko-köylerin bize nasıl yol gösterici olacağını anlatmaktadır. Dawson, dünyanın dört bir yanında, birbirinden farklı girişimler olduğu ve bu nedenle eko-köyleri tanımlamanın zorluğundan söz etmektedir.

Ortak yönleri çok da olsa, birbirinden farklı çıkış noktaları, amaçları veya temelleri bulunabilmektedir. Dolayısıyla hepsini ortak bir tanımda buluşturmak veya bir örnek model belirlemek çok zordur. Ama yine de bazı özellikler bir eko-köyün nasıl olması gerektiği konusunda yol gösterici olabilmektedir; güçlü ortak değerlere sahip olmak, çoğunlukla ekolojik, sosyal ve spiritüel ilgi ya da kaygılarla yola çıkmak, ekolojik iyileştirme, topluluk yaşamının güçlendirilmesi, yerel ekonomilerin canlandırılması veya maneviyatın derinleştirilmesi gibi amaçlar taşıyabilir. Bu kaygıların hepsi tüketime dayalı toplumsal yapıda sürekli hissedilen sorunlarla ilgilidir ve eko-köylerde yaşayan topluluklar, sürekli deneysel bir çalışma içinde bu sorunlara çözüm üretmeye çalışmaktadır. Daha insani bir ekonomik sistem oluşturmak, daha katılımcı bir iletişim ve yönetim sistemleri yaratmak, daha yenilenebilir enerjiler kurmak, daha doğal bir tarım ve daha bütüncül bir eğitim anlayışı gibi konularda sürekli çalışmakta, bir kısmı başarılı olup, modellerini içinde buldukları yerel topluma veya daha uzağa farklı kültürden insanlara aktarmaktadır. Dolayısıyla farklı konularda yaratılmış modellerden farklı eko-köy örnekleri sunmaktadır.

Dawson'a göre; her eko-köy yerleşiminin hitap ettiği topluluk ve kuruluş yöntemleri birbirinden farklıdır. Lokasyon, arazi seçimi, yerin coğrafi özellikleri ve kurulum amaçları ile değişkenlik göstermektedir.

Hindistan'daki Auroville, Senegal'deki Mbam ve Faune, Almanya'daki Sieben Linden, ABD'deki Ithaca Ekoköyü ve Brezilya'daki Ecoovila eko-köyleri,

kuruluş amaçları açısından farklılıklar gösteren ve dünyanın farklı bölgelerinden seçilmiş başarılı öykülerine sahip eko-köylerdir.



Şekil 1. Bassari eko-köyü, Senegal.



Şekil 2. Bafican eko-köyü, Senegal.



Şekil 3. Kolda eko-köyü, Senegal.

Örneğin; Mbam ve Faune eko köyleri kültür, ekonomi, sağlık ve spiritüellik gibi alanlarda sürdürülebilir olmayı taahhüt etmişler ve yaptıkları çalışmalarla problemlerini çözmüşlerdir. Bu gün

Mbam ve Faoune toplulukları civardaki topluluklara ilham kaynağı olmuş araştırma, eğitim, uygulama konularında yararlanılabilecek merkezler olmuşlardır. (Tuğun, Karaman, 2014) Senegal’de bulunan Bassari, Bafican ve Kolda eko-köyleri de, geçmişteki köy geleneksel alışkanlıklarının yaşatıldığı eko-köyler olma özelliğini taşıması yönüyle önemli yerleşimlerdir (Senegal, Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3).



Şekil 4. Seiben Linden eko köyünden I. görüntüm (Almanya)



Şekil 5. Seiben Linden eko köyünden II. görünüm (Almanya)

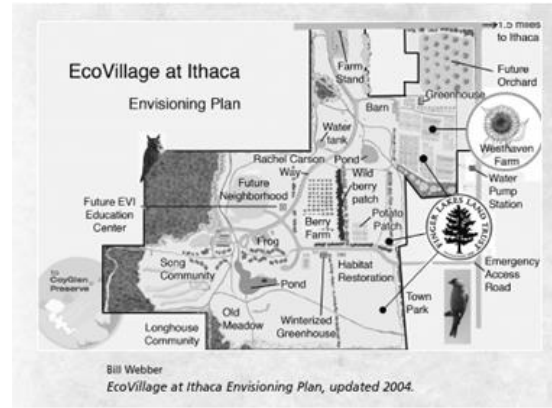
Seiben Linden eko köyü (Almanya, Şekil 4 ve Şekil 5), ekolojik kurallar çerçevesinde, yerel malzeme kullanımına, yerel üretim ve tüketime dayalı bir eko-köy modelidir (Dawson,2006).

Ithaca Eko köyü, (EVI, ABD); insan yerleşimlerinin tekrar tasarlanabilmesi ve sürdürülebilir bir yaşam için kullanışlı alternatif enerji kaynaklarının kullanımının yansırı kolayca tekrarlanabilen sistemlere örnek

olacak topluluk grupları modeli oluşturmak için kurulmuştur (Şekil 6 ve Şekil 7).



Şekil 6. Güney Albani Bölgesi Ithaca Eko köyü yerleşimi, Amerika



Şekil 7. Güney Albani Bölgesi Ithaca Eko köyü solar çatı uygulaması, Amerika

Findhorn eko-köyü (Şekil 8) gibi örnek olarak verilen eko-köyler, köy halkına sosyal yararlar ve ekonomik katkı sağlamasının yanında geleneksel yaşam şeklinin sürdürülmesi, kültür ve geleneklerin, insanın toprağa olan bağının, toplum değerlerinin, geleneksel zanaat ve becerilerinin korunarak devam ettirilmesi, geliştirilmesi ve gelecek kuşaklarca devamını sağlayacak olmasıyla da önem kazanmaktadır (Cemal, 2007).





**Şekil 8.** Findhorn Eko-köyü, İskoçya

#### Günümüzde eko-köy yaklaşımları

Kentleşmenin doğurduğu sorunlara karşı alternatif yaşam alanları kurgulamak, özellikle 20. yüzyılın ortalarından bu yana pek çok eko-köyün ortaya çıkmasına neden olmuştur. İlk örnekleri 1980'lerde görülen, günümüzde ise endüstrileşen dünyada yer alan toplulukların ihtiyaçlarını optimum düzeyde karşılayan ve farklı deneyimler sunan eko-köy yerleşimleri, son otuz yıldır artan bir trend olmuştur (Şekil 9, Şekil 10, Şekil 11 ve Şekil 12).



**Şekil 9.** Günümüzde toplulukların ihtiyaçlarını karşılayan eko-köy örnekleri için I. görünüm



**Şekil 10.** Günümüzde toplulukların ihtiyaçlarını karşılayan eko-köy örneklerinden II. Görünüm



**Şekil 11.** Günümüzde toplulukların ihtiyaçlarını karşılayan eko-köy örneklerinden III. Görünüm



**Şekil 12.** Günümüzde toplulukların ihtiyaçlarını karşılayan eko-köy örneklerinden IV. Görünüm

Endüstriyel kentlerin hızla büyümesi doğadan kopuşun ve kentsel sorunların temel nedeni kabul edilmekte ve çözüm doğayla yeniden buluşma, alternatif yaşam alanları yaratılma çabası görülmektedir. Bunun bir kaçış mı yoksa uzak gelecekte kentsel alanların yaşanılmaz duruma gelmesine karşı üretilmiş senaryoların ilk prototipleri mi olduğu ise tartışmalı bir konudur.

Amerika'nın Arizona Eyaletindeki Arcosanti ekolojik

kasabası, (Şekil 13) eko-köy ütopyasını gerçeğe dönüştürmeye ve bir topluluğun tüm ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik olarak özel / kamusal alanlarla donatılmış bir yerleşkedir. (Soleri, Paolo 1973).



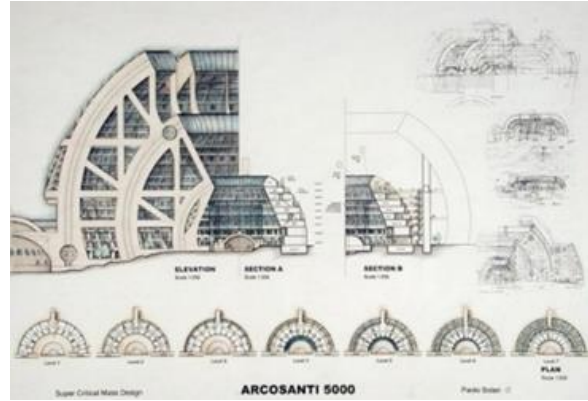
**Şekil 13.** Arcosanti ekolojik kasabası

Arcosanti ekolojik kasabasının İtalyan mimarı Paolo Soleri, 1970lerde Arizona çölünün ortasında dünyanın ilk ekolojik kentinin tasarımını yaparak bir kentin dışarıya gereksinim olmadan, kendi kendine yetebileceğini ortaya koymuştur.

Sıfırdan inşa edilen ve mimarların da önemli roller üstlendiği, bir nevi ütopyalari gerçeğe dönüştürdükleri bir örnektir. Yerleşim, Paolo Soleri'nin 1970'lerde ortaya attığı, mimarlık ve ekolojiyi dengeli bir biçimde birleştirmeyi amaçlayan "arkoloji" kavramı etrafında şekillenmiştir. Mimari (architecture) ve ekoloji kelimelerini birleştirerek "arkoloji" adlı kavramı yaratmış ve arkolojiyi kentsel yaşama uygulanmıştır. Bu şekilde, yoğun, küçük, verimli, arabasız ve düşük enerjiye sahip yerleşim alanları ortaya çıkmıştır. Soleri 1970'lerde dünyanın her yerinden yüzlerce gönüllü öğrenci ile Arcosanti'yi inşa etmeye başlamıştır (Şekil14 ve Şekil 15).

Doğaya mümkün olduğunca az müdahale ile kompakt yaşam alanları oluşturulan yerleşimde bir topluluğun tüm ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik olarak tüm özel ve kamusal alanlar yer almaktadır. Yerleşkede Soleri'nin özel konutunun yanı sıra beş katlı bir ziyaretçi merkezi, kafe, açık bir amfi tiyatro ve onu çevreleyen konut blokları halkası ve yüzme havuzu bulunmaktadır. Arcosanti'de kamuya açık yaz atölyeleri düzenlenmekte ve katılımcılar "arkoloji" nin prensiplerinin yanı sıra yerel malzemelerle yerleşkedeki inşa faaliyetlerine katılıp malzemeyi

deneyimlemektedirler.



**Şekil 14.** 5000 kişilik yaşam alanı



**Şekil 15.** Gönüllü öğrencilerin inşa sürecine katılımı

### **Eko köylere ilişkin tanımlanma yaklaşımları**

Eko-köy kavramı ortaya çıktığı günden beri farklı bakış açılarıyla tanımlanmaktadır. Ancak mükemmel bir eko-köy modeli halen belirlenmemiştir (Gilman, 1991). Ancak her ne kadar kesin bir eko-köy model tanımı yapılmassa da literatürde pek çok tanımlama yaklaşımı bulunmaktadır. Yapılan tüm tanımlamalarda ideal eko-köy modellerinin, çağımızın küresel çevre krizi nedeniyle ortaya çıkan olumsuzlukları değiştirecek yeni bir yaşam önerisi sunmayı amaçladığı vurgulanmaktadır.

Araştırmacılar kendine has özellikleri nedeniyle standardize edilemeyen eko-köyleri tanımlayabilmek için farklı yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Eko-köyler hakkında araştırma yapan ve eko-köylerin ve

sürdürülebilir yerleşimlerin nasıl oluşturulması gerektiğini belirten çok sayıda araştırmacı olmasına rağmen, birbirinden farklı düşünceye sahip ancak bazı konularda ortak fikirleri paylaşan araştırmacılara yer verilmiştir. Literatürde yer alan tanımlama yaklaşımları bir araya getirildiğinde kapsamlı bir betimleme elde edilebilir. Bazı araştırmacılar, geleneksel köylerin yeterince ekolojik bir yaşama sahip olduklarını iddia etmekte, eko-köy girişimcilerinin geleneksel tarım toplumları gibi yaşadığı sürece sürdürülebilir olabileceklerini düşünmektedir. Ancak, Gilman, geleneksel köylerin yaşam tarzını benimsemenin ve geleneksel bilgileri uygulamaya geri dönmenin ideal bir eko-köy oluşturmak için yeterli olmadığını düşünmektedir. Gilman'a göre geleneksel köylerden öğrenilmesi gereken birçok bilgi vardır, ancak tamamen geleneksel köy yaşam tarzına dönüş yapmanın bazı yönlerden ekolojik ve sürdürülebilir olmadığını savunmaktadır. Gilman'a göre; geleneksel bilgiler, yeni teknolojik gelişimler dâhilinde yorumlanmalıdır. Eko-köy oluşumları, endüstrileşme sonrası (post-industrial) ve tarım sonrası (post-agriculture) gibi yeni kavramları üretmiştir. (Gilman, 1991) Eko-köy felsefesi çoğu yönüyle daha modern ve endüstriyel bilgiyi, geleneksel bilgiyle harmanlayarak kullanılmalıdır. Geleneksel köylerden edinilen bilgiler sadece fiziksel veya ekonomik boyutta değildir, sosyal yaşantı ile ilgili konular da önem kazanmalıdır.

Diana Christian'a göre ise; eko-köy strüktürel bir yapıya sahip olmalıdır. Strüktürel yapı, bir eko-köyün kurulma aşamasında verilen kararlarla belirlenmektedir. Eko-köyün nasıl planlanacağı, kaç konuttan oluşacağı, ortak alanların nasıl yönetileceği, ekonomik gider ve gelirlerin ne şekilde paylaşılacağı, sosyal yapının nasıl olacağı gibi konular eko-köyün strüktürel yapısını oluşturmaktadır (Christian, 2003).

Hugh Barton ise; eko-köy yerleşimlerinin amaçları arasında olan sürdürülebilirliğin, kendi kendine

yetebilme özelliğinin sağlanabilmesi için ekolojik, ekonomik ve sosyal sorunların çözülmesi gerektiğini düşünmektedir. Barton, ekolojik ve sürdürülebilir yerleşimler planlanabilmesi için yedi öneride bulunmaktadır. Öneriler şu şekilde sıralanmıştır (Barton, Marcus, and Richard, 2003):

- 1) Yerleşimin kurucuları ve sakinleri inisiyatif almalıdır,
- 2) Ortak bir vizyon belirlenmeli ve açıkça tanımlanmalıdır,
- 3) Yerellik ve yerelliğin önemi vurgulanmalı ve benimsenmelidir,
- 4) Yeni düşünceler geliştirilmelidir,
- 5) Koordine edilmiş bir yerleşim planı ve programı oluşturulmalıdır,
- 6) Hızlı ve kararlı bir şekilde harekete geçilmelidir,
- 7) Tüm hatalardan ders çıkarılmalıdır.

Barton, bir bölgenin yerel özelliklerinin, üzerinde kurulacak yerleşimin potansiyelini gösterdiğini belirtmekte, Barton, Marcus ve Richard (2003) kuruldukları bölge ile bağları zayıf veya hiç olmayan yerleşimlerin, sürdürülebilir olmalarının zor olduğunu savunmaktadır.

Araştırmacılar kendine has özellikleri nedeniyle standardize edilemeyen eko-köyleri tanımlayabilmek için, araştırmacıların bir kısmı işe "eko-köy" kelimesini tanımlayarak ya da "hangi yerleşimler eko-köy özelliği taşır" sorusuna cevap arayarak başlarken, bir kısmı eko-köye ait özelliklerden yola çıkarak bir tanım oluşturmaya çalışmıştır (Ciravoğlu, 2006; Madge, 1993, Jackson, 1998).

Kimi araştırmacılar ise eko-köy yerleşimleri sıradan yerleşimlerden ayıran özellikleri belirlemeye çalışarak tanım geliştirmişlerdir (Leafe, 2003, Kasper, 2008).

Literatürde yer alan kapsamlı tanımlamalara göre; eko-köyler; topluluk için gerekli tüm hizmetlerle donatılmış komünal yaşamlı bir köy yerleşme



modelidir; pek azı tasarımda alışılmadık tarzdadır ve çoğunluğu tarihi değeri olan yapılardır. Hizmet odağı daha çok farklı yaş ve iş gruplarına sahip, 20-50 yaş aralığındaki kullanıcı kesimdir (Coates, and Stetter, 2000). En yaygın özelliği “küçük olmak” olan bu yerleşimler (küçük ölçekli topluluk birimlerinin nüfusu 500-3000 kişi arasında değişmektedir), her biri ayrı uygulama deneyimlerine sahip, ancak yerleşimin sağladığı avantajları içeren uyumlu bir yerleşim planlamayı amaç edinmiştir. Bu bakımdan eko-köyler; ev sahipliği yaptığı topluluk birimlerinin düşüncelerini gerçekleştirmek için ideal bir toplum ve yerleşim modeli önermektedir.

Ülkemizde ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü'nün illere ait 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Plan Raporu'nun, Mekansal Kararlar bölümünde, Ekolojik Sürdürülebilirlik için Plan Hedef ve İlkeler tanımlanmıştır. Buna göre,

a) kırsal turizm potansiyeli bulunan kırsal alanlar etüd edilerek seçilen kırsal turizm pilot uygulama bölgelerinde,

b) kırsal alandaki tarım turizmine konu edilen bölgenin tarımsal potansiyeli, doğal güzellikleri ve kültür değerleri esas alınarak yerleşim yerlerinde imar planının hazırlanması,

c) rekreasyon düzenleme çalışmalarını yapmak ve geleneksel mimariyi korumak için restorasyon ihtiyacının desteklenmesi,

d) kırsal kültürel mirası korumak ve köy müzeleri oluşturmak,

e) eko-köy (Organik Köy) uygulamalarını desteklemek ve standartlarının geliştirilmesi konularında projeler geliştirmek ekolojik sürdürülebilirlik için Plan Hedef ve İlkeler arasında yer almaktadır. (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü, 2015)

Söz konusu plan hedef ve ilkelerin kentsel alanların

bölgesel, ulusal ve uluslararası etkileşim alanlarını genişletmek ve il mevcut kaynaklarını ve potansiyellerini optimum kullanmak suretiyle iktisadi ve toplumsal gelişmenin önünü açacağı düşünülmektedir.



Şekil 16. Dünyadan eko-köy deneyimleri-I



Şekil 17. Dünyadan eko-köy deneyimleri-II



Şekil 18. Dünyadan eko-köy deneyimleri-III

Mevcut mekânsal planlamalar incelendiğinde bölgenin tarımsal potansiyeli, rekreasyon düzenlemeleri, kırsal kültürel mirası koruma ve köy

müzesi oluşturma çalışmaları, mimari tarz, hizmet niteliği, işletme yapısı ile büyüklüğü açısından (üst sınır verilmemekle birlikte) tanımlama yaklaşımları ile paralellik taşıdığı, bununla beraber belirlenen niteliklerle işletme bakımından eko-köyleri standardize etmeye çalıştığı söylenebilir. Bugün 30'u Avrupa'da olmak üzere tüm dünyada yaklaşık 70 kadar ekolojik köy bulunmaktadır. Dünya ülkelerinden eko-köy yerleşimleri Şekil 16, Şekil 17 ve Şekil 18'de görülmektedir.

### Türkiye'de eko-köy yerleşimleri

Türkiye'de ilk eko-köy kurma girişimi 1990'lı yılların sonlarında Orta Doğu Teknik Üniversiteli dağcı bir grup tarafından yapılmıştır. Bu girişimi, "Hocamköy" olarak adlandırmışlardır. Bu grubun amacı, Anadolu insanının geleneksel bilgisini, akademik bilgi ile birleştirerek, yöre insanıyla birlikte sürdürülebilir bir kırsal yaşam modeli oluşturmaktır. Bu amacı yerine getirmek için, ekonomik açıdan kendine yeten ve mimariden, günlük yaşam ihtiyaçlarının karşılanması gibi birçok konuda doğaya uyum sağlayabilen bir yerleşim modeli oluşturmaya çalışmışlardır. Kırıkkale Hasandede beldesinde oluşturulması planlanan eko-köy yerleşimi girişimi, kurulamadan sona ermiştir. Hocamköy eko-köyü girişimindeki başarısızlığın nedeni olarak, kent ve kırsal arasında sosyal, kültürel ve ekonomik özelliklerin farklılığı ve girişimcilerin bu farklılıklara uyum sağlayamamasının büyük bir sorun oluşturmuş olduğu söylenebilir. Bu kapsamda, eko-köy girişimlerinin, karşılaştıkları Türkiye'ye özgü zorlukları çözümlenmek üzere yerel bazı dernek ve kuruluşlar kurulmuştur. Bu kuruluşlar, EKİLAT (Eko-köyler İletişim Ağı), Buğday Ekolojik Yaşamı Destekleme Derneği, EKOYER (Eko- Yerleşkeler Ağı) olarak sıralanabilir. Türkiye'de EKOYER'e üye olan toplam 9 adet ekolojik yerleşim girişimi (Buğday Çamtepe (Şekil 19), Dedetepe Çiftliği (Şekil 20), Dutlar Kolektifi, Güneşköy (Şekil 21) ve Knidia Eko-Çiftliği (Şekil 22) Marmariç Eko-Yerleşkesi, Pastoral Vadi, Bayramiç Yeniköy) bulunmaktadır.



Şekil 19. Çamtepe eko-köyü



Şekil 20. Dedetepe eko-köyü



Şekil 21. Güneşköy eko-köyü



Şekil 22. Knidia Eko-Çiftliği

Türkiye’de sayıca az olmakla birlikte, sürdürülebilir ekolojik tarım ve yaşam tarzı için uğraş veren, çiftlik ve eko-köyler bulunmaktadır. İsteyenler bu eko-köylerde konaklayarak hem manevi, hem de maddi anlamda çiftliklerin varlıklarını devam ettirebilmelerine ve gelişmelerine katkıda bulunmaktadırlar. Gereken tüm enerji, güneş (güneş panelleri) ve rüzgardan (rüzgar gülü) faydalanarak temin edildiği eko-köylerde, kent insanını kır yaşamı ve tarımsal faaliyetlerle buluşturmak hedeflemektedir.

Türkiye’de örnekleri her zaman belirli bir toplumsal grubun girişimiyle kurulan ve o grupla sınırlı kalan yerleşim birimi sayısı ise oldukça azdır (Ayman, Eroğlu, 2005). Yapılan araştırmalar sonucunda Türkiye’de toplam 10 eko-köy girişi belirlenmiştir. Bu 10 eko-köyün dışında da böyle organizasyonlara üye olmayan ve bireysel olarak geliştirilmeye çalışılan bazı eko-köy girişimleri mevcuttur (Güleryüz, 2013).

Çalışmanın bundan sonraki kısmında tanımlama yaklaşımları değerlendirilerek, eko-köylere ait tanımlayıcı karakteristik saptanmaya çalışılacaktır.

### **Ekoköy karakteristiğini tanımlayan unsurların saptanması**

İfade edilen tanımlama yaklaşımlarının çeşitliliği eko-köyün kesin bir tanımını yapmanın güçlüğüne altını çizmektedir. Ancak tanımlama yaklaşımlarından elde edilecek ortak çıkarımlarla eko-köyü şekillendiren karakteristik öğelerin tespit edilmesi olanaklıdır. Böylece eko-köyü tanımlamaktan çok, eko-köyü betimleyen ve nüvesini oluşturan karakteristiğin saptanması mümkün olacaktır. Standardize edilemeyen bu yapılar için daha geniş çerçevede ve daha esnek bir tanımlamanın bu şekilde elde edilebileceği düşünülmektedir. Bu amaçla eko-köy konulu öncü ve konu alanına yön veren çalışmalar incelenerek, eko-köyü tanımlamada kullanılan terimler ve kavramların kullanım sıklıkları tespit edilmiştir (Çizelge 1). Dünyadaki başarılı girişimlerin incelenmek üzere seçilmesinin nedeni, sürdürülebilir

eko-köy yerleşimlerinin nasıl oluşturulacağı sorusunun cevabının bulunma isteğidir.

Elde edilen kavramsal veri sayısallaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Böylece eko-köyü tanımlama yaklaşımlarından yola çıkarak eko-köyü karakterize eden unsurlar belirlenmeye çalışılmıştır.

Ulaşılan bulgulara göre, 16. Yüzyıldan günümüze 24 farklı kavramın eko-köyü tanımlamada kullanıldığı tespit edilmiştir. More, Godin Fourier, Owen ve Howard’ın ütopyalarında, yeni yaşam tarzı geliştirme, komün yaşam perspektifi sunacak yerleşimler önermek ve kentsel problemlerin çözümüne ilişkin kavramların tanımlamada yer aldığı görülmektedir. Ütopyaların ele aldığı kavramlara ağırlıklı olarak kentsel problemlerin toplumsal, ekonomik ve çevresel yönüyle çözümü, kendi kendine yetebilen bir toplum önerisiyle geliştirilmiş bir tarım toplumu olma arzusu ve ideal konut mimarisine sahip unsurların tanıma dahil edildiği görülmektedir.



Çizelge 1. Tanımlama yaklaşımlarında kullanılan kavramlar ve literatür bilgisi (16-21.yy)

19. YÜZYIL ÖNCESİ	Yeni yaşam Tarzı Geliştirme	More (1500)	Godin (1800)	Fourier (1815)	Owen (1820)	Howard (1900)	Wright (1923)	Doxiadis (1967)	Harvey	Senneth (2002)	Petrin	Gilman	Christian (2006)	Barton
19.YY	Kentsel Çözüm	Toplumsal			X	X	X	X						
		Ekonomik			X	X	X	X	X					
20. YÜZYIL	Yerleşim önerme	Çevresel			X	X	X	X	X					
		Sınırları belli, İzole edilmiş	X	X	X		X	X						
		Kendine Yeten toplum	X	X	X	X	X	X		X	X	X		
		Tarım Toplumu		X	X	X						X		
21. YÜZYIL	Bütüncül sistem Oluşturmak	İdeal konut Mimarisi		X	X	X		X			X			
		Sosyal Alanlarda										X	X	
		Ekonomik Alanlarda										X	X	
	Eko-köy yorumu	Ekolojik Sistemde										X	X	
		Endüstri Sonrası										X		
	Strüktürel yapı	Tarım sonrası										X		
		Planlama (vaziyet planı)											X	
		Sosyal Yapının Strüktürü											X	
	Ortak vizyon oluşturulması	Amaç-vizyon											X	X
		Sorunları tanıma çözme											X	X
		Yerelliğin Önemi											X	X
		Yeni Düşünce Geliştirme											X	X
KAVRAMIN DEĞERLERİ	SIKLIK	Koordine Programlı										X	X	
			6	8	11	10	8	6	3	3	3	4	10	7

20. yüzyıl çalışmalarında ağırlıklı olarak eko-köylerin bütüncül sistem oluşturması gerektiğine değinilmiştir. Eko-köylerin ve sürdürülebilir yerleşimlerin nasıl oluşturulması gerektiğini belirlemek için, öncelikle, bu yerleşmelerin karşı karşıya kaldığı sorunların ve zorlukların belirlenmesi gerektiğine vurgu yapılmıştır. Sosyal, ekonomik ve ekolojik sorunları bir arada yorumlama ve sorunlara çözüm bulma çabası, benzer şekilde eko-köy üzerine yapılan çalışmalarda sıklıkla ele alınmaktadır. Geleneksel köylerin yaşam tarzını benimsemenin ve geleneksel bilgileri uygulamaya geri dönmenin ideal bir eko-köy oluşturmak için yeterli olmadığı, bu nedenle, geleneksel bilgilerin, yeni teknolojik gelişmeler dâhilinde yorumlanması gerektiği belirtilmektedir.

21. yüzyıl çalışmalarında ise, araştırmacılar eko-köylerin en önemli sorunlarından birinin “strüktürel karmaşa” kavramıyla açıklamakta ve strüktürel karmaşa kavramının neden olduğu sorunları, girişimcilerin açık bir şekilde süreçleri belirlememesi veya önemli kararlar alırken belirli bir yol izlememesi olarak tanımlamaktadır. Strüktürel karmaşa, eko-köylerin strüktürel yapısının neden olduğu kararsızlıklardan veya yanlış uygulamalardan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, niyet komünü oluşturmadan önce belirli bir topluluk amacı ve vizyon belirlemenin, oluşumun en önemli adımlarından biri olduğu vurgulanmaktadır. Eko-köy yerleşimlerinin amaçları arasında olan sürdürülebilirliğin, kendi kendine yetebilme özelliğinin sağlanabilmesi için ekolojik, ekonomik ve sosyal sorunların çözülmesi gerektiği de vurgulanmaktadır. Bir diğer düşünce ise, eko-köyler planlanırken ve planlandıktan sonra, üzerinde yaşayacak kişilerin “yerellik” kavramı hakkında bilgilendirilmesi gerektiğidir. Bir yerin, yöresel, kendine özgü fiziksel, ekonomik, çevresel ve sosyo-kültürel özellikleri, o yerin üzerinde planlanacak bir yerleşime çok sayıda katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Özellikle eko-köy girişimcilerinin, yeni yerleşimleri kurarken ve planlarken çevredeki

kişilerden, yakınındaki bölgelerden veya köylerden yöreye özgü bilgi toplaması gerekmektedir. Bu sayede, bölgeyle ve doğayla uyumlu yerleşimler tasarlanabilir. Yerel bilgiler, daha önce yöre halkı tarafından deneyimlenmiş geleneksel bilgiler bütünüdür. Örneğin, her yörenin kendine özgü bir yaşam şekli, inşaat, tarım, hayvancılık tekniği vardır ve yerel bilgileri ve geleneksel planlama tekniklerini yorumlayan bir planlama yaklaşımının eko-köyler üzerinde olumlu etki yaratacağını savunmaktadırlar. Bu nedenle eko-köylerin bütüncül bir sistem içinde değerlendirilmesi gerektiği savunulmaktadır.

Tanımlayıcı karakteristiğin geliştirilebilmesi için ise tespit edilen 24 farklı kavramın işaret ettiği ortak öğelerin belirlenerek gruplanmasına gerek duyulmuştur. Eko-köyü karakterize eden unsurlar literatür bilgisine dayanarak açıklanmaya çalışılacaktır. Eko-köylerin genel sınıflandırması, Wheeler’in tüm tanımlayıcı unsurları içeren eko-köy düşünsel desen çalışmaları ile özetlenecektir.

Wheeler’in kentsel ve kırsal yerleşme deseninin sürdürülebilir gelişme açısından değerlendirmeleri, eko-köylerin mekânsal-işlevsel gelişme biçimleri ve planlama-uygulama süreci yönüyle tanımlanacaktır. Eko-köy yerleşme desenleri, Wheeler’in (Wheeler, 1998) sürdürülebilirlikle ilgili ortaya koyduğu 9 temel çalışma alanında tarifi olacaktır. Wheeler’in (Wheeler, 1998) sürdürülebilirlikle ilgili ortaya koyduğu genel tespitleri ile eko-köy girişimlerinin sürdürülebilir planlama modellerinin kırsal yerleşme desenine uygunluğu ve uygulama başarısının değerlendirilmesine yardımcı olacaktır (Türk, 2000).

Kompakt, dengeli arazi kullanımı, lokasyon; Arazi, insan yaşamındaki gelişmelerin sınırlı kaynaklarından biri olarak tüketilmekte, yeni yerleşim alanları birbirinden kopuk ve dağınık bir şekilde yapılanmış doğal çevreye yayılmaktadır. Kırsal kesimdeki yerleşelerde büyüme sınırlarının belirlenerek yayılmanın durdurulması yönünde, yerleşim alanlarını

nitelikten ödün vermeden yoğunlaştırıp oluşturmaya yönelik planlama girişimleri son dönemde destek görmektedir. Bu tutum “kentsel yoğunlaştırma” veya “kompakt kent” kavramlarını gündeme getirmektedir (Özturan, 2010). Kompakt kentler mekânda yayılmanın azaltılması yoluyla sürdürülebilir bir mekân kullanımına izin verirler. Arazi kullanım talepleri mevcut yerleşim alanlarının içindeki potansiyellere yönlendirilerek ve verimli bir planlama dahilinde kullanılarak sürdürülebilir gelişme süreci içindeki büyüme ve ihtiyaçların karşılanabilir olmasına olanak tanırırlar.

Merkezilik kompakt planlamanın temel bileşenidir. Ortak kullanımların varlığı gibi belli işlevsellikler, belli bir merkezileşme ve odaklaşmayı da beraberinde getirir. Merkezilik derecesi arttıkça yerleşimin kompakt bir forma sahip olmasının da önü açılmış olur. Yekparelik (Bütünlük) ise; kompakt planlamanın diğer bileşenidir. Kentsel derişikliğin sürekli olması, yerleşimi oluşturan elemanların sıkı ve süreklilik sunan bir arada olma durumuna bağlıdır. Kompakt planlama ile eko-köyle kırsal yerleşimler olarak korunmalı, rekreasyon ve gelişme alanlarında aşırı büyüme denetim altına alınmalıdır (Çalışkan, 2004, s. 34-36).

Eko-köylerin tercihinde lokasyon değerinin, yöre kültürünün etkisi ve kullanıcı toplulukların yaşantıyı deneyimleme arzusuna paralel olarak arttığı görülmektedir. Bu doğrultuda yöresel yaşam kültürünü yansıtan geleneksel yapıların orijinal biçimi, işlevi ve mimari özellikleri topluluklar tarafından yaşantının deneyimlenmesi için ideal bulunmaktadır. Bunun sonucunda, her yörenin kendine has nitelikleriyle biçimlenmiş, farklı karakterde çok çeşitli eko-köylere rastlamak mümkündür. Farklılıkta görülen çeşitlilik eko-köylerin lokasyon değerini olumlu etkiler.

Araç kullanımının azaltılması; insan sağlığını tehdit edecek her türlü kirlenme için önlemler olarak yaşam kalitesini yükseltmek eko-köylerin sürdürülebilir olması için mutlaka çözümlenmesi gereken unsurlar

olmalıdır.

Kompakt kent modelinin kent arazisi üzerindeki konumlanışında, yaşam – çalışma- boş zaman alanları birbirlerinin içine geçmiştir (Yazar, 2006). Bu sayede, mekanlar ve aktiviteler arasında hareketlilik sağlanır. Bu yapılanmanın sonucu olarak kentli bireylerin yaya olarak veya motorsuz araçlarla olan hareketliği ön plana çıkmaktadır. Bu durumda kompakt kentlerde özel araçlarla ulaşım en aza indirilerek, yaya ya da enerji tüketimi ekonomik olan araçlar ile kent içi dolaşım sağlanabilecektir. Hava kirliliğinin önlenmesi, topluluk üyelerinin toplu taşıma araçları ile getirilip iç dolaşımın bisiklet veya çevre kirliliği yaratmayan araçlarla yapılması (akülü araç, bisiklet, hayvan gücü) daha temiz ve verimli kaynak kullanımı için gereklidir.

Kaynakların akılcı kullanımı, atıkların azaltılması, çevre kirliliğinin önlenmesi; Eko-köylerde enerji ve doğal kaynak kullanımında planlı ve akılcı kullanım önemlidir. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı minimuma indirilmeli, yenilenebilir enerji kaynaklarından ve atıklardan elde edilecek enerjilerden yararlanma tercih edilmelidir. Yenilenemeyen enerji kaynakları kullanımdan sonra kirlitici atık olarak doğaya bırakılmamalı, belirli merkezlerde imhası gerçekleştirilmeli veya geri dönüşüme yönelik projeler geliştirilmelidir. Atık yönetiminin ekolojik planlama ilkeleri çerçevesinde planlanması yerel yönetimin öncelikleri arasında yer almalıdır. Su kaynakları yapılaşmalardan zarar görmemeli ve kirlenmemelidir.

Doğal sistemlerin restorasyonu; Eko-köyün içinde yer aldığı yakın çevreye ait nitelikler, doğal yapısındaki topografik özelliklerden kaynaklanan yeşil alanlar, vadiler, kanallar, dereler, mağaralar, yeşil koridorlar, açık alanlar gibi oluşumlar çekim merkezleri oluşturmaktadır. Bu özellikler kırsaldan kent merkezine dek özellikli her lokasyonda bulunabilir. Bu oluşumlar yürüyüş parkurları ile desteklenmeli, eko köye kazandırılmalıdır. Kullanımdan kaynaklanan bozulmalar yeniden yapılandırılmalı, yaşama

kazandırılmalıdır. Ekolojik restorasyonlar uzmanlarca gerçekleştirilmelidir.

İyi konut ve yaşam çevresi; Eko-köy kapsamında yapıtlı çevre oluşturulurken imkan dahilinde eski doku sınırları içerisinde çevreye, mevcut dokuya uyumlu, yerel malzeme kullanımının esas alındığı, doğal çevreye saygılı, geleneksel komşuluk ilişkilerinin sürekliliği, eko-köy yerleşimin mevcut dokuya değer kattığı bir yapılaşmanın oluşturulması ön planda tutulmalıdır.

Eko-köylerde geleneksel köy yaşamının yerel tasarım ilkeleri gözetilmeli, çok boyutlu insan ihtiyaçlarını karşılayacak olan köy evleri ve konaklar ile sürdürülebilir eko turizm tesisleri elde edilebilmektedir. Mevcut kırsal yerleşkede merkezi konumda olan ev, konak ve benzeri yapıların restore edilerek turizm işlevleri ile kullanılması ve yaşanabilir kırsal çekim merkezleri yaratılması amaçlanmalıdır. Eko köydeki rekreasyon ve gelişme alanlarında aşırı büyümeyi denetim altına almak ve yörenin peyzaj değerini ortaya çıkarmak amaçlanmalıdır.

Sağlıklı sosyal ekoloji; kırsal nüfusun eko-köy bölgelerindeki yaşamına ve sağlığına ilişkin sorunları çözmek sürdürülebilir gelişmenin önemli bir adımını teşkil etmektedir. Sosyal yapı, yoğunluk ve karışık kullanım kavramları; kültürel gelişme – birleşme ve çeşitlilik kavramlarıyla bir arada ele alınır (Denpaiboon and Kanegae, 2006). Bu aynı zamanda kente adaleti sağlar, çünkü fırsatlar herkes için erişilebilir bir niteliktedir.

Sürdürülebilir ekonomi; toplum sağlığını, eko turizmi ve doğal sistemleri koruma ve iyileştirmeye yönelik ekonomiler geliştirebilmek, sürdürülebilirliğin en zorlandığı, uzun vadeli kullanım ve yatırım gerektiren alanlardan biridir.

Gelecek nesillerin de kaynaklardan yararlanmasını sağlayacak koşulları oluşturmak, politikalar üretmek, topluluklara sosyal eşitlik sağlamak, devletin ve yerel idarelerin asli görevleri arasında olmalıdır. Sosyal

eşitsizlikten kaynaklanan, dar gelirliyle de yaşam çevrelerinde iş olanakları sağlamak, eko-köylerde sürdürülebilir ekonomik planlamanın esasını oluşturmalıdır. Sosyal sürdürülebilirlik ise farklı sosyal grupların bir arada bulunması yoluyla sağlanabilir, böylece gelir, statü ya da etnisite temelli düşük düzey mekânsal yalıtılmışlığın kısmen de olsa önüne geçilebilir.

Halk katılımı ile; karar mekanizmalarında halkın söz sahibi olabileceği düzenlemelerin yapılması, eko-köy festivalleriyle köy halkının ürettiği ürünlerin satışı ve gelen misafirlerle temasının sağlanması, eko-köy kimliğinin ve fonksiyonunun devamlılığı için periyodik çalışmaların yapılması sağlanabilir.

Yerel kültür ve toplumsal değerlerin korunması; periyodik olarak kültür çeşitliliğinin ve toplumsal değerlerin sergilenmesine olanak sağlayabilir.

### Sonuç

Kırsal kesim turizminin bir uygulama alanı olan eko-köyler toplumsal yapının değişmesi ile birlikte, geleneksel köy hayatını yaşama katmak isteyen toplulukların sosyalleşme beklentisinin farklılaşmasıyla, özellikle son yıllarda gelişim göstermiştir.

İlk örneklerinin Avrupa'da görüldüğü eko-köyler her biri birer çekirdek köy olarak tanımlanmaya başlanmıştır. Çevre sorunları, sürdürülebilir gelişme ve çevresel sürdürülebilirlik gibi kavramlar ile birlikte ele alınan eko-köylerin sosyal içeriği ile bütünleşen mimari karakteri, standart düzenlemelere karşı ortaya çıkışının en önemli göstergesi olarak dikkate alınabilir.

Eko-köyler sosyalleşme deneyimlerinin kazanımında çok fazla çeşitliliğe ve değişikkene, büyüklüğe ve kapasiteye, kendine özgü mimari tarzı ile lokasyon değerine sahiptir. Tüm bunların bir sonucu olarak eko-köylerin genel geçer bir tanımını yapmanın olanaklı olmadığı görülmektedir. Öte yandan standart olana karşı gelişen bir olgunun standart bir tanımla ifade

edilmesinin doğal olarak beklenemeyeceği düşünülmektedir. Ancak çalışmada ulaşılan nokta; eko-köylerin küçük, farklılık arayan topluluklara özel hizmetler sunan, doğal hayatın devamında, geleneksel kültürün yaşatılması ile ilgili olarak çevre ve kültürel değerlerin önem kazandığı, sosyal deneyime dayalı aktivitelere ve özel tasarım yaklaşımlarına sahip üniteler olduğudur.

Çalışma mevcut tanımlama yaklaşımlarını irdeleyerek eko-köye özgü tanımlama kriterlerini geliştirmeye çalışmıştır. Eko-köyü tanımlamada kullanılan 8 farklı kavram içeriklerine göre gruplanarak, köy yerleşik alanını “eko-köy” yapan karakteristik unsurlar tespit edilmiştir. Sonuç olarak; yeni yaşam tarzı geliştirme, komün yaşam perspektifi, kentsel problemlerin çözümü, yerleşim önermek, bütüncül sistem oluşturulması, eko-köy oluşumun yorumu, strüktürel yapı, ortak vizyon oluşturulması olmak üzere sekiz kriter elde edilmiştir. Belirlenen kriterlerin, kesin bir tanımlama yapmak yerine geniş alt açılımlarıyla, eko-köy kavramı için betimleyici çerçevenin çizilmesini sağladığı söylenebilir. Sürdürülebilir eko-köy yaklaşımları ile elde edilen genel tespitlerin eko-köy girişimlerinin sürdürülebilir planlama modellerinin kırsal yerleşme desenine uygunluğunun ve uygulama başarısının değerlendirilmesine yardımcı olacağı beklenmektedir.

Bu çalışma ile eko-köyler konusunda araştırma yapan araştırmacıların, geliştirdikleri tanımlayıcı yaklaşımların, ülkemizde yakın gelecekteki sayısının artacağı umut edilen eko-köy girişimleri için bir çerçeve oluşturacağı düşünülmektedir.

### Kaynakça

AYMAN, O. and EROĞLU, AB sürecinde Türkiye tarımı, M. Buğday Dergisi, sayı 30, 2005, s.52. [http://www.imeceevi.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=139&Itemid=76](http://www.imeceevi.org/index.php?option=com_content&task=view&id=139&Itemid=76) BARTON, H. (editor). Sustainable Communities: The Potential for Eco-neighborhoods, Earthscan, International Journal of Urban and Regional Research, Volume 24, 4, December 2000, London, 925-945.

BARTON, H. MARCUS, G. and RICHARD, G. Shaping Neighborhoods: A Guide for Health, Sustainability and Vitality, Taylor and Francis, Spon Press, New York, 136-144,

2003.

CHRISTIAN, L. D. Creating a Life Together: Practicle Tools to Grow Eco villages and Intentional Communities, 79-86, ISBN: 0-86571-471-1, New Society Publishers, Gabriola Island, Canada, 2003.

CİRAVOĞLU, A. Sürdürülebilirlik Düşüncesi – Mimarlık Etkileşimine Alternatif Bir Bakış: “Yer”in Çevre Bilincine Etkisi, Doktora Tezi, 112-115, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.

COATES, S. and STETTER, A. Impossible Worlds: The Architecture of Perfection, Birkhauser Verlag ag, Basel, ISBN 10: 3764363177 / ISBN 13: 9783764363178, 2000.

ÇALIŞKAN, O. Sürdürülebilir Kent Formu: Derişik Kent, Planlama Dergisi, (3): 33–54, 2004.

DAWSON, J. Ecovillages: New Frontiers for Sustainability, Ekoköyler Sürdürülebilirliğin Yeni Ufukları, 18-44, Sinek Sekiz Yayınevi, İstanbul, 2006.

DENPAIBOON, C. and KANEGAE, H. Compact City Strategy Of Bangkok Mega-City, Manusya: Journal of Humanities:38- 55, 2008.

CEMAL, İ. Büyükkonuk'ta Turizm, Eko köy Haber, Sayı 1, s.1-2, Lefkoşa, 2007.

ERMAN, O. Turizm ve Mimarlık, Güney Mimarlık, TMMOB Mimarlar Odası Adana Şubesi Yayını, Sayı:2013/12, 17-18, Adana, 2013.

GILMAN, R., Living Together, , p.10, 1991, (editor Alan AtKisson) The Eco-village Challenge, Context Institute, Summer vol: 29, Newyork, <http://www.context.org/ICLIB/IC29/926.html/Gilman> htm. Accessed April 21,2011.

GİLMAN, R. Living Together, p.36,1991, (editor Alan Atkisson ),Guidelines for Eco-village Development, Context Institute, vol.27, 1991.

GÜLERYÜZ, M. Bir ütopya hareketi olarak eko-köyler: Türkiye'deki örnekler üzerine bir inceleme, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2013.

HARVEY, D. Post modernliğin Durumu, İkinci Baskı, (Çev: Sungur Savran), Metis Yayınları, İstanbul, 1999.

HOWARD, E.. Garden Cities of Tomorrow, London: S. Sonnenschein & Co. Ltd. 1902.

JACKSON, H. What is an Eco village? Gaia Trust Education Seminar, September 1998, Denmark.

KASPER, D. V. S. Redefining Community in the Eco village, Research in Human Ecology, Vol, 15, no.1, 12-24, 2008.

LEAFE, C.D. Creating a Life Together: Practical Tools to Grow Ecovillages and Communities, ISBN: 9780865714717, 57-61, New Society Publishers, 2003.

MADGE, P, Design, Ecology, Technology: A Historiographical Review, Journal of Design History, 6/3, 149-66, 1993.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü, Amasya İli 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Plan Raporu, 2015.

MORE, T. Utopia, Wordsworth Editions Limited, Hertfordshire, 1997.

MUMFORD, L. The Story of Utopias, (11th Edition), Kessinger Publishing, Whitefish, Montana. 1928.

ÖZTURAN, Ö. (2010). Sürdürülebilirlik kavramı ve çağdaş iç mekân biçimlenişine etkileri. Tasarımda Genç Bakışlar Sempozyumu,10, 26-28, 2010, İstanbul.

PETRIN, J. “Utopia Reloaded?” (Das Utopische Moment und seine Motive in der Geschichte des Stadtebaus), 2004. [[http://www.urbanista.de/bettercities/utopia\\_reloaded.pdf](http://www.urbanista.de/bettercities/utopia_reloaded.pdf)]

TUĞUN, Ö.; KARAMAN, A. (2014). Çekirdek Köylerin Eko Turizme Kazandırılması İçin Sürdürülebilirlik Kavramı Çerçevesinde Bir Model, A Sustainability Model for Bringing Core Villages into Eco-tourism, Megaron, 2014;9(4):321-337, DOI: 10.5505.

TÜRK, A. Doğal, Tarihsel ve Arkeolojik Alanlarda Sürdürülebilir Turizm İçin Bir Model Uygulaması, Göller Bölgesi Örneği, 2000, İstanbul, s. 1-13.

YAZAR, K. H. Sürdürülebilir Kentsel Gelişme Çerçevesinde Orta Ölçekli Kentlere Dönük Kent Planlama Önerisi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2006, Ankara.

WHEELER, S, Planning for Sustainable and Livable Cities., (editör: LeGates R.T. ve Stout, F., The City Reader), Londra: Routledge, s. 486-495, 1998

SOLERI, P. The Bridge Between Matter & Spirit is Matter Becoming Spirit; The Arcology of Paolo Soleri, Garden City, New York: Anchor Books, p. 46, ISBN 978-0-385-02361-0. 1973





## AMASYA'S URBANIZATION PROBLEMS

Yaşar Bahri ERGEN \*

*Siirt Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Siirt / Türkiye*

**Abstract:** Human settlement in Amasya is known to date back to ancient times. Historical sources and archaeological excavations reveal a history of 7,500 to 10,000 years. Various tribes, states or humans have settled in this region in known history. Amasya was first chosen as a place of settlement for protection purposes, and then for its importance in protecting a trade route. It developed with the cultures of the communities that ruled the region until the Ottoman period. During the Ottoman period, Amasya was called the City of Princes. These characteristics have been reflected on its residents, its culture, its social life and on the physical structure of the city with its monumental structures and civil architecture examples. Technological developments and urbanization increased after the Ottoman period, despite its being a restricted settlement area. However, the linear urban settlement that has existed in the city until today has generated a problem with its structure and population. Balanced living environments should be created using today's technology as a requirement of urbanization. If the urban area remains stable while the population continues to increase, this indicates a problem of urbanization. This article is intended to solve this problem of urbanization. The solution to the urbanization problems of Amasya, which degrade its historical urban characteristics and constitute the source of an unhealthy living environment, enables the protection of its historical and touristic characteristics. To solve these problems, healthy urbanization standards should immediately be established for the restricted settlement area of the city, and the city should be decentralized with an urbanization model after getting the population to the appropriate size for its capacity.

**Keywords:** Urbanization, Planning Problems, Urban Development, Vertical Promotion, Urban Space

### AMASYA'NIN KENTLEŞME PROBLEMLERİ

**Özet:** Amasya ilinin insan yerleşmelerine yönelik başlangıcının çok eski olduğu bilinmektedir, ancak tarihi kaynaklar ve arkeolojik kazılarla elde edilen bilgiler ışığında 7500-10000 yıl gibi bir geçmişten söz edilebilmektedir. Bilinen tarihi süreç içinde birçok kavim, devlet veya insan yerleşmelerinin bu ildeki coğrafyada yer aldığı bilinmektedir. Başlangıçtan günümüze gelirken bir korunma amaçlı yerleşim olarak seçilmiş olan Amasya, daha sonra ticari amaçlı güzergâhın korunmasındaki önemi dolayısıyla hükümlerlik sürdüren toplumların kültürleriyle Osmanlı dönemine kadar bir gelişme süreci yaşamıştır. Daha sonra korunma amaçlı bir konumu olan Amasya Osmanlı döneminde Şehzadeler şehri olarak yerini almıştır. Bu özellikler insan yapısı, kültürü, sosyal yaşamı vb. özelliklerine yansıdığı gibi fiziki mekâna da, gerek anıtsal yapılarıyla ve gerekse sivil mimari örnekleriyle yansımıştır. Bu yansıma Osmanlı dönemi sonrasında, teknoloji gelişimi ve kentleşme kısıtlı bir yerleşim alanına rağmen artmış olup lineer bir kent yerleşimi bu güne kadar mevcut alanda yapı ve insan stoku ile sorun yaratılmıştır. Günümüz teknolojiyle kentleşmenin gereği dengeli yaşam alanlarının oluşturulması gerekmektedir. Kentsel alan sabit kalıp nüfus artışı devam ediyorsa bu kentleşmede sorun var demektir. Bu makalede kentleşme ile birlikte oluşan sorunların çözümü amaçlanmıştır. Yukarıda özetlenen Amasya'nın kentleşme sorunundaki bu yaşanan oluşum, sürecin tarihi kent özelliğini yok eden ve İnsanın yaşamındaki sağlıksız ortamın kaynağını teşkil eden sorunların çözümlenmesi Amasya'nın tarihi turistik özelliklerinin de korunması anlamını içermektedir. Bunun için acilen kentin sınırlı yerleşim alanındaki sağlıklı kentleşme standartlarının oluşturulması ve nüfusun kapasiteye uygun hale getirilip bir kentleşme modeli ile kent desantrilize edilmelidir.

**Anahtar Kelimeler:** Kentleşme, Planlama Sorunları, Kentsel gelişme, Dikey Yükselme, Kentsel Gelişme



## Introduction

The history of Amasya started about 7,500 years ago. The first settlement dates back to 5,500 to 3,000 BCE (AMASYA VALİLİĞİ, 2007). The city has the traces of fifteen civilizations, including: the Hittite Empire, the Phrygian Kingdom, the Cimmerian Empire, the Scythian Kingdom, Lydia, the Persian Empire, the Hellenistic Civilization, Pontus Empire, the Roman Empire, the Byzantine Empire, the Danishmends, the Seljuk Empire, the Ilkhanid Empire, the Ottoman Empire and today, the Republic of Turkey. Its old name was Harşena (YANIK, 2014). Archaeological excavations have revealed that the history of Amasya dates back to 5,500 BCE. In 1402, Timur's victory in the Battle of Ankara disrupted the unity of the Ottoman Empire and turned the turmoil in the Empire into a struggle between princes. Çelebi Mehmet, the Governor of Amasya, brought the situation under control and ensured the unity of Ottoman Empire for the second time. Amasya made a name for itself as the City of Princes due to the interest of Ottoman sultans and princes in it (Anonymous, 2013). Amasya also had an important place in the establishment of the Republic of Turkey, and establishment of the Faculty of Architecture in Amasya is of great importance due to its historical background

This distinguished Anatolian city met the selection criteria for settlement due to its geographical characteristics and climatic conditions, which made the city and its immediate environment a laboratory for the Faculty of Architecture. Lying in the Yeşilirmak Valley, Amasya sets an example for linear urban settlement models. Amasya is known to be a cradle of civilizations and to have important buildings and architecturally significant urban structures that remained from them.

## Material and Method

The problem of analysis consists of over capacity of structuring, population density and border of

geographical structure of urban settlement of Amasya city. The direction of the aims of this work, it tried to determine negative effect over capacity of structuring and population growth on the infrastructure in the framework of historical development process of Amasya.

Because of the geographical structure of Amasya urban area, it occurs thresholds with Yeşilirmak and rock on the both sides formed. According to these constraints, sample of a linear settlement draws a framework of Amasya's urbanization model. The relationship between population and residential and agricultural areas for the Amasya urban area has been determined. In the framework of this context, it tried to determine the infrastructure ratios and the negative effects of population growth on the infrastructure. The solution framework of these problems included the findings of the urban planning development and problems.

First of all, this article gives place to field and problem relation. The problems and findings within planning process are explained on development of restricted area. Finally, findings were evaluated with conclusion and discussion section.

## Population Structure in The Urbanization Process

The population of Amasya was determined to be 323,079 according to the address-based census in 2011 (TÜİK, ADNSK,2011). The relationships between the central district and Amasya Municipality due to the administration of this population requires the municipality to plan for urbanization and provide services.

The urban area of Amasya is 90,665 km<sup>2</sup> (TÜİK, ADNSK,2011). The population of Amasya's central district was 74,393 in 2000 and about 80,000 in 2008-2009. Taking into consideration that the population increase has been mainly natural and the service sector has increased today, the population has increased by 20,000 in ten years. Considering the role of the

university, a part of the service sector that has existed in the city with a limited number of students until today, it is thought-provoking that the problems of the city have come to the point that they cannot be resolved.

The university became a part of the city in 2012 with a limited number of departments and students in three faculties. There are plans for the 9 departments of the university (6 departments in the Faculty of Science and Literature, 2 departments in the Faculty of Technology, and 1 department in the Faculty of Architecture) to increase to 16 departments, bringing the university to its full capacity. This will lead to a new problem due to an estimated 15,000 students without any development in the university: 30 new students admitted to each of the 16 departments per year, yielding approximately 500 students per year and 2,000 students at the end of four years, which can increase to approximately 3,000 with the delayed graduations of some students. With the 500 academic and administrative personnel and at least 150 additional people, this number will increase by approximately 650 people, which indicates a future intervention in the social and technical infrastructure as well as the functions of the city. According to the address-based census, the population of the central district of Amasya increased by 91,874 people in 2012 (5), by 96,220 people in 2013 and by 98,935 people in 2014 (ANONYMOUS, 2016b). When the town municipalities were included in the borders of the city or district municipalities since their population was under the legal population as per the new legislative regulation after the local administration elections conducted on March 30, 2014), the population of the central district of Amasya increased to 105,673 (ANONYMOUS, 2016a). However, this population is estimated to increase to 150,000 or higher after 4 years even if no investment and development occurs in Amasya. This population was found to be 12,824 in the general census in 1927. It decreased to 11,981 in

the general census in 1935. It increased to 13,635 in the general census in 1940, then decreased again to 13,344 in the general census of 1945, and then increased again to 14,470 in the general census in 1950. The urbanization process started after the 1950s in Turkey. The total population of Amasya (with its districts and villages) was 163,669 in the 1950s (AMASYA VALİLİĞİ, 2016), and since this population was living in both rural and urban areas, Amasya's agricultural and settlement areas showed the characteristics of rural areas. The population of the central district was 36,646 in 1970 increased to 57,288 in 1990. The population growth was affected by government investments in education, industrial facilities established by the private sector, developments in road transportation and government promotion of the tourism sector. The historical structure of the city center was put under protection in this period. New settlements were needed to meet the requirements of the increasing population, and the agricultural areas around the city were zoned for construction with the development plan prepared in 1981 (Figure 1). Thus, Ahır Önü, Kirazlıdere Bağları, Bahçeleriçi Bağları, Filingir/Frenkler Bağları and İltekin Bağları, all covered with fruit trees, became settlements. About two square kilometers of "Agricultural Land of Prime Importance" were missused (EREN, 2014). Then, with the 2010 Zoning Plan Revision, the vineyards in the region from the Ankara-Sivas Highway, which provides a connection between Taşova and Suluova, to the quarry that constitutes the border of the Helvacı Neighborhood were completely zoned for construction, and this created an area of dense housing.

All land use within the borders of the central district of Amasya was planned, and building density in this area exceeded its capacity. The total area within the administrative borders, covering the area between the thresholds of quarry and the Ankara-Sivas highway as well as the area out of these thresholds, was 5,701

km<sup>2</sup> before 2014 (AMASYA BELEDİYESİ, 2010-2014). Due to this planning and the characteristics of its urban settlement, Amasya has a linear city structure. The river bed and its immediate environment started to be used to meet the requirements of the increasing population with a new sense of urbanization after 1980. Today, the building density has increased by 60%, while the area has not increased. This means that urbanization theories are misused. The increasing population and building density in the central district of Amasya causes infrastructure problems since the area has not increased. This brings urban climate

change due to insufficient green areas and the destruction of open areas, insufficient social infrastructure due to insufficient space and a deficient technical infrastructure due to increases in population and buildings.

Amasya is located in a restricted area due to its location in the Yeşilirmak Valley (Figure 1). The population and building density is over 60% in the area where settlement can be found within the thresholds. This problem should be solved using the satellite city model.

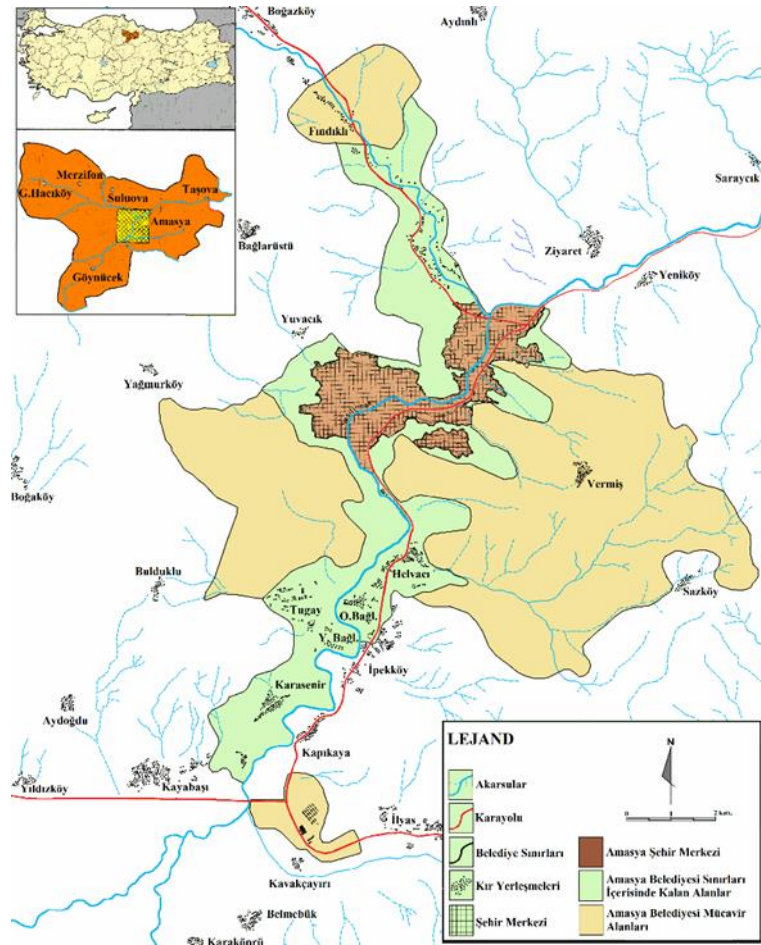


Figure 1. Amasya Central Location Map, Source: Eren, 2014

### Planning Based on Urban Development and Its Problems

Two historical mistakes were made in the development of Amasya's urban settlement. The central settlement of Amasya has developed linearly along the Yeşilirmak and has thresholds due to the

rocks on both sides. The settlement should be formed considering the natural balance of the physical environment; however, this requirement has been neglected. The other mistake is that the city has lost many of its characteristics due to technical and social infrastructure problems caused by planning for

housing for a population over the capacity despite the settlement area being restricted and stable (Figure 2).

Amasya has been selected for settlement due to its natural characteristics since ancient times. The Yeşilirmak River has provided two advantages:

1- The first settlement was in the protected region where the Yalıboyu Houses and Tombs of the kings of Pontus are located.

2- With Yeşilirmak and the Amasya settlement located at an altitude of 400 meters and the rocks on both sides at an altitude of 1,200 meters, the Yeşilirmak Valley provides a healthy living space covered with green areas.

These characteristics may be why Amasya was selected for settlement and for training princes during the Ottoman period. These two characteristics were protected from the beginning of urbanization in Turkey until the 1980s; however, they were lost due to rapid urbanization and faulty planning after 1980.

Today, natural protection is not required for the physical area. However, a healthy living area is needed, and zoning planning is a tool developed for the public weal in order to create healthy living areas. However, the requirement of bringing limitations to the planning standards for a healthy living area due to the fixed land thresholds in Amasya's city center was neglected during urban planning. As we know, the two most important data in zoning plans are population and settlement area, which should be used in a balanced manner during planning. This requirement can be clearly seen from the following standards for the percentages of functional area use in settlement planning:

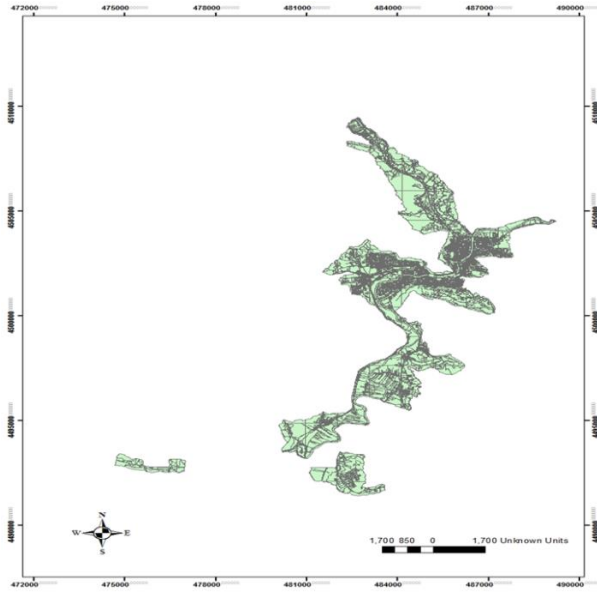
- housing zone, 40%
- transportation and parking areas, 20% to 25%
- areas for trade, 4% to 6%
- green and sports areas, 10%

- areas for education, 5%
- areas for health, 2%
- industrial and crafts areas, 10%
- unnecessary area loss, 2%

When the Amasya Zoning Plan is analyzed according to these values, it can be clearly seen that a planning and development has been predicted disregarding these rates. Ergen also found in 2016 that green areas are insufficient or absent in some neighborhoods of Amasya (ERGEN, 2016). Considering the very low rate of transportation and parking areas and almost no green areas planned in Amasya urban settlement area, it is accurate to conclude that healthy life is not being ensured in the city.

Since Amasya has urbanization problems due to its population and building density and has lost its historical settlement characteristics, the population and building density should immediately be addressed and balanced in this area restricted by thresholds using a zoning plan revision. This should be carried out scientifically. The historical identity of the city should be revealed while it is rearranged in line with the standards.

This work should be designed with urban transformation and urban design projects, and the aim should be the solution of these urbanization problems. The linear development of Amasya should start from the highway that provides access to Suluova and Taşova continue towards the exit from Amasya to Tokat.



**Figure 2.** Amasya Zoning Plan (2012), Source: Amasya Municipality

### Problems and Discussion

According to this explanation, Amasya has a threshold-based urbanization. Inability to generate the social and technique infrastructure required for the healthy life of the population that is included in the area-population relationship, the main theory of planning, poses a problem because of the limitations that land cannot be created, the population cannot be spread to the settlement due to the rocks on both sides of the river, and vertical uprising in terms of construction cannot meet the requirements of social and technical infrastructure. If this situation is neglected, the city becomes unusable for the population, stress emerges in the field of health, and more importantly, microclimate environments arise in the city and damage human health.

Its most significant effect will be the density of vehicular traffic and the insufficient capacity of roads. The problems that have been and will be created by the housing and functional area use of the population, and especially the fact that university is spread out in the city instead of being located on a campus, are:

a) the negative effects of building density on the

microclimate of the city due to excessively tall buildings,

b) insufficiency misuse of urban areas,

c) inability to widen the roads according to the vehicle capacities,

d) inability to meet the need for parking in the city, and

e) danger for the historic and touristic areas of Amasya, which are being degraded.

These are the most urgent problems. They indicate the need to review the city's master plan and transportation master plan and to solve the problems in the long-term.

### Conclusion

In conclusion, giving priority to reducing building density by a zoning plan revision in Amasya urban settlement;

The standard of 10 m<sup>2</sup> green area per person should immediately be increased.

The expressway that passes through the city should be connected with a tunnel starting from the Intercity Terminal in Boğazköy and ending at the Mecitözü-Tokat Highway intersection.

The use of the Merzifon-Amasya-Turhal connection of rail system should be encouraged with an improved rail line.

The development of the city should immediately be planned and put into practice using a planning system appropriate for the satellite city model.

The transportation and parking problems should be solved by developing a master plan for transportation in the city.

The city should be planned based on **tourism** and urban renewal practices should be immediately implemented.



**References**

- AMASYA BELEDİYESİ, (2010-2014): Stratejik Plan, Sa:7  
<http://www.sp.gov.tr/upload/xSPStratejikPlan/files/SJzxQ+AmasyaBelediyesiSP1014.pdf> (Erişim Tarihi: 23 Haziran 2016).
- AMASYA VALİLİĞİ (2007): Amasya Kültür Envanteri, Yayın No:22, (ISBN:978-975-585- 847-0), Sa:20.
- AMASYA VALİLİĞİ: Amasya İli 1950 Nüfus Sayımı  
<http://www.csb.gov.tr/iller/amasya/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu&Id=4430>, (Erişim Tarihi: 23 Haziran 2016).
- ERGEN, M. (2016): The Distribution and Analysis of Green Spaces In Amasya City, Turkey, International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences, Vol. 6 (3): 311-318
- EREN, Ş. (2014): Amasya Kentinin Cumhuriyet Dönemi Mekânsal Gelişimi ve Tarım Alanlarının Amaç Dışı Kullanımı, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi The Journal of International Social Research, Cilt: 7 Sayı: 30 Volume: 7 Issue: 30, Issn: 1307-9581
- TÜİK, (ADNKS) (2011): Amasya İli 2011 Adrese Dayalı Nüfus Sayımı, <https://www.google.com.tr/webhp?ie=UTF-8&rct=j#q=t%C3%BCik+n%C3%BCfus>, (Erişim Tarihi : 23 Haziran 2016).
- YANIK, A.H., (2014): Amasya-Açık Hava Müzesi, (ISBN:978-605-62440-1-8), Sa:10.
- ANONYMOUS (2013): Şehzadeler Şehri Amasya, <http://www.on5yirmi5.com/haber/yasam/turizmseyahat/128839/sehzadelesehriamasya.html>, (Erişim Tarihi: 23 Haziran 2015).
- ANONYMOUS (2016a): Amasya İlçeleri Nüfusu  
<http://www.nufusu.com/ilceleri/amasya-ilceleri-nufusu>, (Erişim Tarihi: 23 Haziran 2016).



## EXPERIMENTAL AND COMPUTATIONAL RESEARCH ON THE FIRE BEHAVIOR OF RESTRAINED REINFORCED CONCRETE COLUMNS – PART II

Ataman HAKSEVER\*

*Emeritus (2006) from Trakya University, Çorlu Faculty of Engineering, Tekirdağ, Turkey*

**Abstract:** In the eighties, the work was particularly focused in SFB (Sonder Forschungs Bereich: A special fire research activity for structural elements in Braunschweig Technical University, 1971-1986) on the development of a universal material model for normal concretes for fire case. Through a comprehensive mathematical description of the rheological phenomena at elevated temperatures, the relaxation behavior of restrained columns could be successfully predicted. It aimed at clarifying the difference, which took place between the lateral deformation behavior as well as restraint forces of calculated and measured reinforced concrete columns (RFC) under fire conditions. Such a material model was developed, in fact, through close cooperation of sub-projects A and B3 of SFB.

Naturally, the use of such material model requires an immense computational treatment. Theoretical studies have shown, however, that this is worthwhile, because only by this process the fire behavior of structural concrete elements can be taken into account satisfactorily. It should be stressed here that a material model can gain confidence only if it has been tested successfully under different boundary conditions. In particular, the model must apply for the assessment of the fire behavior of structural elements in large scale.

In this regard, relaxation tests on reinforced concrete columns under different boundary conditions have been carried out in the special furnace of SFB. The heating of the reinforced concrete columns have been made with respect to ISO834 Fire as well as to a simulated fire condition. The following paragraphs describe the tests and also their theoretical investigation.

**Keywords:** Structural fire safety, reinforced concrete columns, fire resistance, relaxation, fire behavior

## RECHERCHE EXPÉRIMENTALE ET COMPUTATIONNELLE SUR LE COMPORTEMENT DES COLONNES EN BÉTON ARMÉ RESTREINTES SOUMIS AU FEU – PART II

**Résumé:** Dans les années quatre-vingt le travail en SFB (Sonder Forschungs Bereich: Une activité spéciale de recherche sur le feu pour les éléments structurels de l'Université Technique de Braunschweig, 1971 à 1986) a été particulièrement axée sur le développement d'un modèle de matériau universel pour le béton normaux en cas d'incendie. Il visait à la clarification de la différence, qui a eu lieu dans la mesure et le comportement de la latérale déformation calculée de colonnes en béton restreint sous l'action du feu. Grâce à une description mathématique globale des phénomènes rhéologiques à des températures élevées, l'estimation de la réponse de relaxation de colonnes restreints pu être estimée avec succès. Un tel modèle matériau a été développé, en fait, par une coopération étroite des sous-projets A et B 3 de SFB.

Naturellement, l'utilisation d'un tel modèle de matériau nécessite un énorme traitement de calcul. Les études théoriques ont montré, cependant, que cela vaut un tel coût. Parce que par ce procédé comportement au feu d'éléments structuraux en béton être estimé satisfaisante. Il convient de souligner ici que d'un modèle de matériau peut gagner la confiance que si elle a été testé avec succès sous différentes conditions aux limites. En particulier, le modèle doit appliquer pour l'évaluation du comportement au feu des éléments structuraux en formats pratiques.

À cet égard essais de relaxation sur des colonnes en béton armé sous différentes conditions aux limites ont été réalisées dans le four spécial de SFB. Le chauffage des colonnes en béton armé ont été apportées par rapport à la norme ISO834-le Feu ainsi que d'une condition de feu simulé. Les paragraphes suivants décrivent les essais ainsi que leur traitement numérique.

**Mots clés:** Structural sécurité en cas d'incendie, colonnes en béton armé, résistance et comportement au feu, relaxation



## 1. Introduction

In SFB, 1971-1986 (see references) of the Technical University of Braunschweig fundamental research were carried out in the eighties, to clarify the discrepancy, which occurred in the measured and the calculated lateral deformation behavior of restrained (RFC) under fire exposure (see Figure. 4.1). The work was particularly focused on the development of a universal material model for normal concrete. Through a comprehensive mathematical description of the rheological phenomena at elevated temperatures, the relaxation behavior of restrained columns could be successfully predicted. Such a material model was developed, in fact, through close cooperation of subprojects A and B3 of SFB (Haksever, A., 1984-1986, *Mathematische Modellierung*, part I and Schneider, U., 1982, Klingsch, W, 1975., Diss).

Naturally, the use of such material model requires a complicated and enormous computational treatment. The computational studies have shown, however, that such a research is worthwhile, because only by this process fire behavior of restrained structural concrete elements can be predicted satisfactorily. It should be stressed here that a material model can gain confidence only if it has been tested successfully under different boundary conditions (see Anderberg, Y., 1976) In particular, the model must apply for the assessment of the fire behavior of structural elements in large scale (see dimensions of specimens in paragraph 4). In the literature, various material models for concretes can be found. In many cases, however, the verification of such models lacks for the case of fire, especially when a restraint is present for large scale structural elements caused by the entire structure interaction.

In this regard, relaxation tests on (RFC) under different boundary conditions have been carried out in the special furnace of SFB. The heating of the reinforced concrete columns have been made with

respect to ISO834 Fire as well as to a simulated fire exposure. The following paragraphs describe the tests and also their theoretical treatment.

### 1.1. Literature review

Concerning literature, it is rare to find fire test results on the structural columns under restraining conditions especially for (RFC). These tests are conducted mainly for steel columns and a restraint is simulated longitudinally as well as rotationally.

Truong-Thang Nguyen, Kang Hai Tan, 2014, analyze thermal-induced restraint forces in (RFC) subjected to eccentric loads. Analytical and numerical analyses are conducted in this paper to investigate the additional axial forces induced in eccentrically-loaded (RFC) that are restrained from thermal elongation in concrete framed structures when a fire occurs. A simplified analytical model to directly determine these so-called thermal-induced restraint forces is proposed based on the concepts of equivalent distributed temperature as well as eccentricity and temperature-dependent reduction factor of axial stiffness.

Kang-Hai Tan, Truong-Thang Nguyen, 2013, investigate structural behaviors of (RFC) subjected to uniaxial bending and restraint at elevated temperatures. A total of six specimens were tested to failure to investigate the effects of uniaxial bending, axial restraint, and initial load level on the structural behaviors of (RFC) at elevated temperatures. Temperature-dependent axial deformations, lateral deformations, thermal-induced restraint forces, failure modes, and failure times of the test specimens are compared with those obtained from numerical analyses using SAFIR program. It is experimentally shown that the lateral deformation at elevated temperatures is adversely affected by uniaxial eccentricity and initial load level. A simplified analytical model to directly determine these so-called thermal-induced restraint forces is proposed based on the concepts of equivalent distributed temperature as well as eccen-

tricity and temperature-dependent reduction factor of axial stiffness.

P. Bamonte, F. Lo Monte, 2015, present in their paper the performance of EN 1.4003 ferritin stainless steel hollow columns (ENV 1992 1-2) when exposed to fire loading. Tubular thin-walled members were considered in this study because structural applications of ferritin stainless steels generally incorporate such profiles. Fire loading was applied under a constant concentrically compressive load. Identical column tests at room temperature are also reported.

António José P. Moura Correia, João Paulo C. Rodrigues, 2012, investigate the behavior of steel columns subjected to fire depending on their interaction with the surrounding building structure. To improve knowledge of the phenomenon a great many fire resistance tests have been carried out on steel columns with restrained thermal elongation. The results showed that increasing the stiffness of the surrounding structure may not lead to a reduction of the column's critical temperature. This is because, associated with an increase of the axial stiffness is an increase of the rotational stiffness, which has an opposite effect to the first one.

I. Cabrita Neves, J.C. Valente, J.P. Correia Rodrigues, 2002, make a proposal, based on the results of a series of tests and calculations, with the aim of being used as a simple method to correct the value of the critical temperature of steel columns free to elongate, in order to take into account the restraint effect of the structure to which they belong in a practical situation. A simple model is presented and used in a qualitative analysis.

David Lange, Johan Sjöström, 2014, describe in their paper the effect of thermal exposure varying in both the horizontal and vertical axes to columns by means of including this thermal boundary in a solution of classical Euler beam theory. The resulting solution allows for a variation in the stiffness of the rotational restraint at both ends of the column and a non-uniform

temperature exposure through the column's section and along its height.

### **1.2. Comments about the given references**

Some cited references might be too old in this paper (especially from SFB). Although some researchers are doing some similar works just now, it is intended to demonstrate that the SFB had been aware even in eighties about the problematic of restraint columns and developing restraint forces during the fire as well as prediction of these forces and deformations. However, test and computational research results have not been published up to now because a constitutional material model was missing and it was a forth going main research activity of the author.

It must be pointed out here that research in SFB is mainly focused on the verification of the material laws in case of restraint of (RFC) and aimed at especially a systematical investigation as large scale specimens in 1:1 practical dimensions. SFB furnace was constructed mainly for this purpose. In this concern by holding the (RFC) in vertical condition it is held a uniformly heating of the test specimen and conformity with the practical conditions in the furnace (see Figure 3.2).

## **2. Calculation Method**

A three dimensional explicit-discretization method is used for the computational treatment of (RFC) for fire case. That means the temperature distribution is calculated in each time step from the previous time step of the temperature distribution. Time steps are chosen for ISO834 Fire as 10 sec. as well as for constant heating. A two-dimensional discretization is applied in order to calculate the temperature distribution in the cross section of the concrete and reinforcing steel temperatures are determined bound to their location with respect to the cross section temperatures. Heat transfer conditions are taken into account in case of nonsteady state temperature development in the furnace (see appendix C).

A one-dimensional discretization is used along the height of (RFC). In each discrete element, the curvatures are calculated bound to the acting bending moment and axial load with respect to the second order theory, using the material model at elevated temperatures. Lateral deformations at each discrete element are calculated by means of the *force method*. Stability analyses are carried out with small time steps (appr. 3 min.) in order to achieve a good convergence. In the simulation the failure criterion are taken into account as stability failure or material failure (fracture). Every failure is ended naturally with a fracture situation.

A stability failure is present in the simulation when the calculated lateral deformations increase also in case of slightly reducing the attained axial restraint forces in the simulation. This situation is indicated that the lateral deformations boundless increase in iterations under acting forces and no any stability can be attained for (RFC) which cause at the end to a fracture in the most stressed cross section (see Figure e.g. 4.10...).

In case of material failure, development of the lateral-deformations doesn't show a boundless increase but a spontaneous fracture determines the fire resistance. Material failure is present when no any equilibrium for the critical cross section could be determined after 10 iterations. In this case the *load bearing capacity* of the cross section is calculated and compared with the acting external loading (see figure 4.4).

Both failure modes are also observed during the tests.

### 3. Planning of the Parameters of the Tests

In the fire tests, three test parameters are mainly varied (Haksever, A., SFB, 1978-1980, Relaxationserhalten von Stahlbetontragwerke, 1981-1983, zum Relaxationsverhalten von Stahlbetonstützen). These parameters are similar to those that have been studied on the small specimens of the subproject B3 of SFB (Schneider, U., 1979, Creep

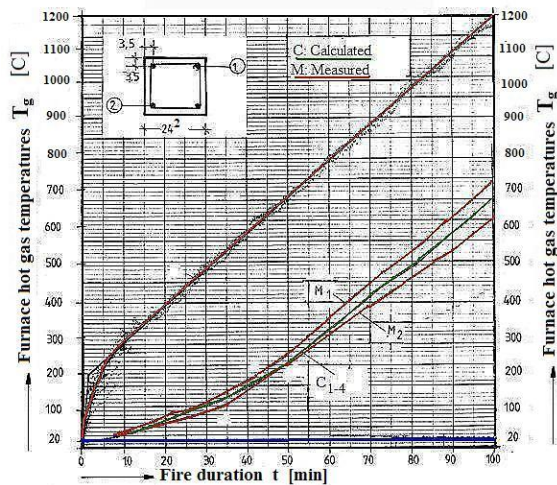
and relaxation and 1982, Behavior of concrete.) It is mainly temperature, controlled axial elongation and restraining of the specimens in case of fire. All the tests are carried out in Euler Case-II.

The heating of the (RFC) are made under different fire developments and restraint conditions. In controlling the axial elongation of the (RFC) during the fire, it is simulated both by a total as well as by a controlled restraining. By controlling test parameters temperature and elongation, restraint forces and lateral deformations are measured during the fire. In order to assess the reliability of the material model used, different test specimens are tested concerning cross sections and slenderness ratio. Application of the material model requires a successive calculation process by small time steps. In calculation steps, it was necessary to have information for the stress distribution in the cross section and lateral deformations of the column from the previous time step.

In the following paragraph, characteristic test and computational results are compared, so that both the effectiveness of the computer program, SARCOS (Structural Analysis of Reinforced Concrete Structures), as well as the reliability of the new material model used is clearly demonstrated.

#### 3.1. Temperatures and vertical deformations of the test furnace

For the evaluation of computational models and for checking the results through tests the exact realization of the predetermined boundary conditions in the furnace is a precondition. The size of the deviations from the controlled values as temperature and loading is a measure of the quality and performance of a test furnace. In the special furnace of SFB it is succeeded to keep these deviations like temperature and restraining in all conditions as small as possible.

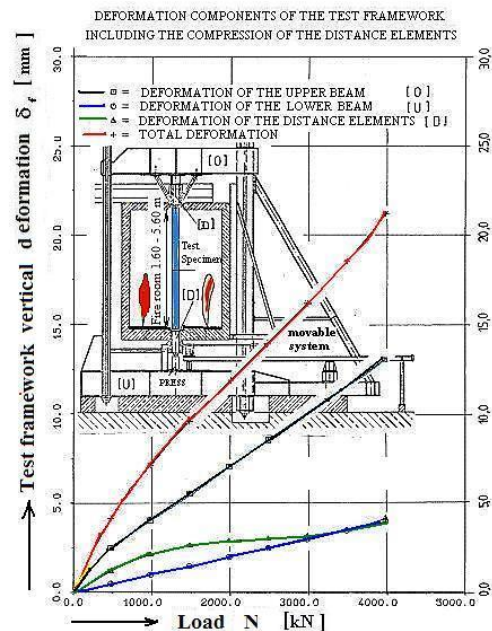


**Figure 3.1:** Furnace and calculated and measured (RFC) temperatures

In the relaxation tests carried out on (RFC) the fire exposure is applied, both in accordance with the standard temperature time curve - (according to ISO834 or DIN 4102, 1981) - and predetermined hot-gas temperature curve (here a constant heating rate). The Figure 3.1 illustrates that the hot-gas temperatures and the temperatures controlled are simulated satisfactorily. Also, at a heating rate  $\dot{T}_f$  of  $10\text{C}(\Delta\text{K})/\text{min}$  for a ceiling height of 4.80 m of fire room, after short initial temperature disturbance, negligible lower deviations are measured along the column height. During the controlling of the temperature time curve according to ISO834 Fire the deviations run up from the predetermined curve  $\max \pm 30^\circ\text{C}$ .

In Figure 3.1, the measured corner reinforcing steel temperatures of the tested (RFC) are also illustrated. The steel temperatures are recorded during the test simultaneously together with the hot-gas temperatures. Obviously between calculation and measurement a good agreement exists. It can be assumed, therefore, that the mathematical treatment of the temperature problem has been solved reliably with computer program SARCOS. In the test framework of the SFB the fire tests can be run load as well as axial elongation controlled. In case of axial *elongation-controlled* tests, the vertical deformations of the loading framework are also determined by appropriate

measurements. In Figure 3.2, the vertical deformation of the loading framework is shown depending on the axial load of the compression member (RFC). They are taken into account as additional axial elongation in the calculation beside the predetermined elongation. The predetermined elongation  $m_f$  of the reinforced concrete column is thus increased by the vertical deformation of the loading framework. The predetermined free restraint of the column is applied immediately after the initial loading of the concrete column with the beginning of the fire exposure. In the following paragraph, the calculation results with the test results are compared and discussed.



**Figure 3.2:** Vertical deformations of the framework due to loading of (RFC)

#### 4. Discussion of the Calculation Results

In this paragraph, the results of restrained column tests are compared with the computational analysis respectively. Especially typical relaxation tests are chosen of which statically as well as thermally boundary conditions cover the most usual range from practice. Relaxation tests in SFB for the large-scale *framework columns* with 1:1 dimensions are however excluded from investigation in this paper.



4.1. Column test ST-1/1

The computational analysis of this test is discussed in detail in (Haksever, A., SFB, 1981-1983). In the mentioned report, the computational results are obtained through application two different material models and compared with the test results. The calculation results from the material model used up to now (Klingsch, 1975) showed a strong deviation among the test results in both the measured restraint forces as well as the measured lateral deformations in case of a *total restraining*. Figure 4.1 demonstrates this discrepancy.

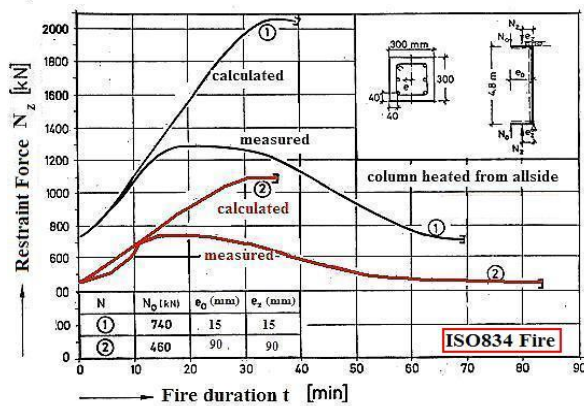


Figure: 4.1 Calculated and measured test results for different static conditions

In order to reduce the discrepancies between the calculated and measured restraint forces, instead of a total restraining, a certain controlled *free* elongation is planned during the fire. Although this process reduced the unagreement in the prediction of restraint forces between test and calculation, still the measured lateral deformations and the fire resistance of the column could not be satisfactorily reproduced by the calculation.

In Figure 4.2 the simulated elongation of the (RFC) is shown during the fire. The shaded area of the figure shows the additional deformation component of the loading frame work, which arises due to restraint axial force. Although this relaxation test is intended to carry out by simulating a total restraining, a negligibly small elongation is allowed in the calculation due to

convergence reasons. From Figure 4.2 it can be seen that this elongation attains after 90 minutes of fire exposure an allowable elongation of 0.1 %.

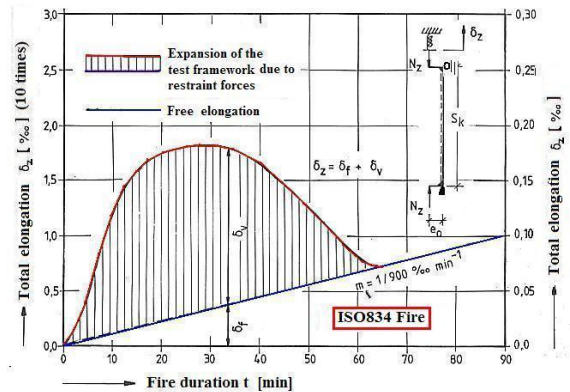


Figure 4.2: Total elongation of the framework due to free elongation and the restraining

The vertical deformation of the test facility is determined by the measured restraint forces using Figure 3.2. Figure 4.3 shows now the calculated forces using with the *new material model* together with the restraint forces measured in the fire test. Obviously a significant improvement is achieved in the prediction of the restraint forces by means of the application of the *material law* presented in PART I.

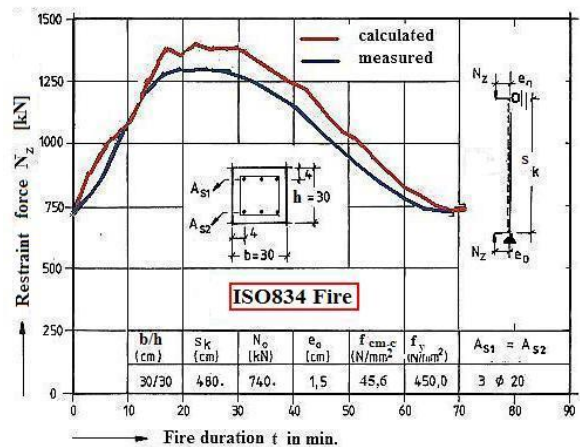


Figure 4.3: Calculated and measured restraint forces

However, the effectiveness and the validity of the material model used can only be verified, if also between the calculated and measured lateral deformations of the concrete column a good agreement exists. In Figure 4.4, the calculation results for lateral

deformations together with the measured test results are illustrated with respect to the fire duration. The deformation measurements are carried out at a certain height of (FRC) in the buckling direction. It is indeed that this good agreement between the calculation and the measurement exists also in failure mode. It can also be seen from Figure 4.4 that the fire resistance of the concrete column is also determined exactly by the calculation.

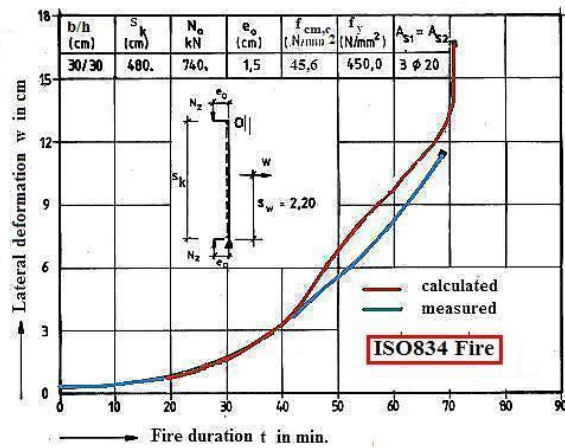


Figure 4.4: Measured and calculated lateral deformations

4.2. Column test ST-1/2.

In this test, a total restraining for the reinforced concrete column is simulated. The heating of the column is carried out on all sides according to ISO834. For the calculation of this test a small free elongation is taken into account as shown in Figure 4.5. The properties of the material used in room temperatures as well as the static boundary conditions of the reinforced concrete column are shown in Figure 4.6.

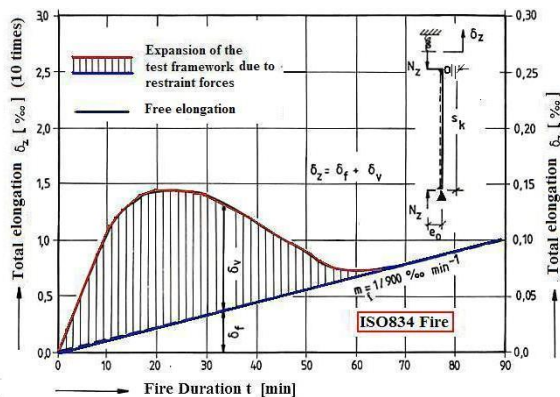


Figure 4.5: Total elongation of the framework due to free elongation and the restraining

The hatched area in Figure 4.5 represents the technically not prevented further axial deformations of the test framework (see Figure 3.2). Due to the relatively greater load eccentricity in comparison to the pretest, less restraint forces are developed during the fire exposure (comp. Figures 4.3 and 4.6).

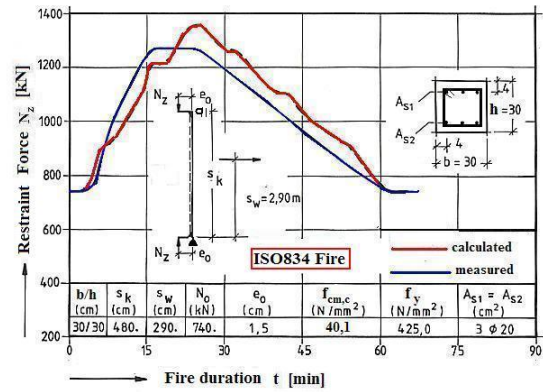


Figure 4.6: Measured and calculated restraint forces

Taking into account the boundary conditions shown in Figure 4.6, a computational analysis is carried out in order to compare the restraint forces and the lateral deformations measured in the test. Figure 4.6 shows the measured and calculated restraint forces over the fire duration. It can be seen that, even by a rather large load eccentricity (h/e = 20), the measured restraint forces are predicted satisfactorily in the calculation. However, the computational fire resistance time is tolerable less than as it is observed in the test.

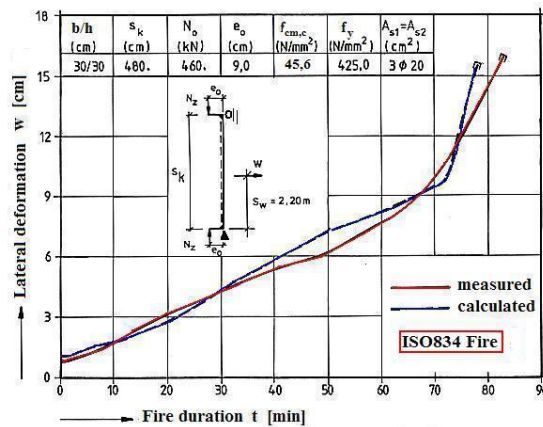
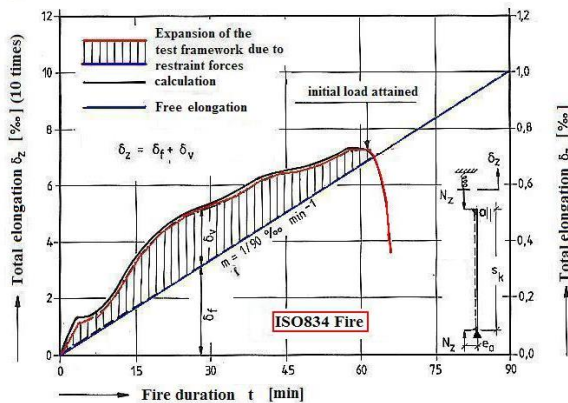


Figure 4.7: Measured and calculated lateral deformations

In the test the calculated and measured lateral deformations of the (RFC) over the fire duration are illustrated in Figure 4.7. It is well known that the development of the axial forces, in the case of restraining of (RFC), is decisively determined by the development of the lateral deformations. Therefore, a good agreement between the measured and calculated lateral deformations of the reinforced concrete column must exist for the fire case. It becomes clear that such a good agreement indeed exists between measurement and calculation; a proof that the developed material model in *PART I* reproduces the fire behavior of the (RFC) as realistically as possible and the effects from the second order theory are exactly included in the calculation program.

#### 4.3. Column test B2-6

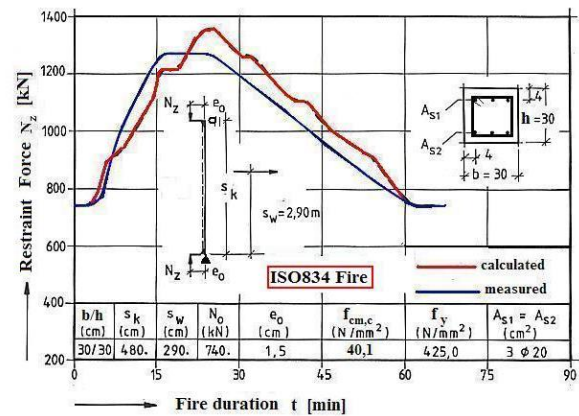
In this test also a free restraining for the (RFC) is applied during the fire. As it can be seen in Figure 4.8, planned restraining is controlled in such a way that a longitudinal elongation should attain the limit of 1 % after 90-minute fire duration.



**Figure 4.8:** Total elongation of the framework due to free elongation and the restraining

Figure 4.8 shows the elongation of the test furnace due to the compression of the distance elements together allowed free elongation. The axial elongation of the test facility is again taken into account as additional free restraining in the calculation. As always, the lateral deformations of the (RFC) are determined by continuous measurements during the test. Figure 4.9

shows that the initial service load of the (RFC) is attained just before the 60<sup>th</sup> min. of fire development. After then initial load is kept constant until the fire resistance time is attained. Concerning restraint forces show a continuous decreasing after 25<sup>th</sup> min. of fire duration (red line curve in the Figure 4.8) as illustrated in the picture.



**Figure 4.9:** Measured and calculated restraint forces

Figure 4.9 shows a comparison of the measured and calculated restraint forces of the (RFC) in the fire test. The static and mechanical boundary conditions of the test specimen are given in a separate table in Figure 4.9. It can be seen that the calculated restraint forces are in good agreement with the test results during the entire fire duration.

The deformation behavior of the (RFC) is shown in Figure 4.10 together with the computation results. The comparison shows that, in this case also, the lateral deformations of the test specimen are well predicted. The computationally determined fire resistance is also confirmed by the failure time observed in the test. Calculation indicated a stability failure though in the test a material failure is observed.



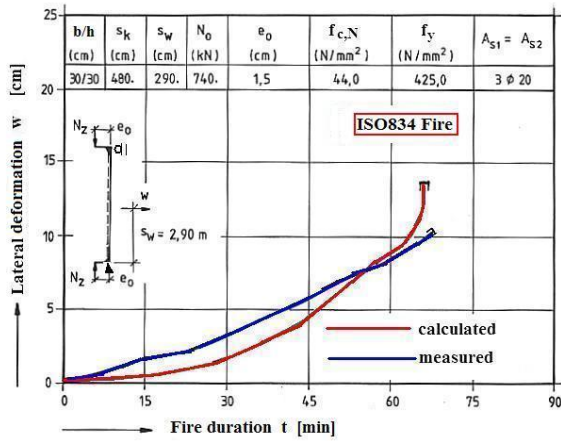


Figure 4.10: Measured and calculated lateral deformations

4.4. Column RS 84-1

In this test the hot-gas temperatures in the furnace differed from ISO834 and they are controlled according to a certain predetermined constant heating rate  $\dot{T}_f$ . Figure 4.11 shows the controlled temperature development. In the test heating rate  $\dot{T}_f$  is kept constant as 10 C/min. after an initial temperature disturbance zone in the furnace. This heating rate  $\dot{T}_f$  is chosen in order to show that the material model and the computation process can be applied also successfully for the other fire cases.

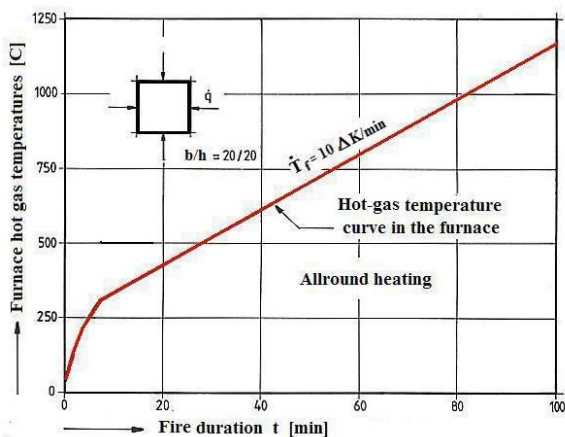


Figure 4.11: Predetermined furnace hot-gas temperatures as constant heating rate

Figure 4.12 shows the calculated and measured steel temperatures of the corner reinforcements in the (RFC) during the fire test. Since these steel reinforcements

are arranged symmetrically in the cross section, a single temperature development is determined by the calculation. A comparison of the predicted temperature development with the measured temperatures of the reinforcements clearly demonstrates that the temperature problem in the computer program has been simulated reliably.

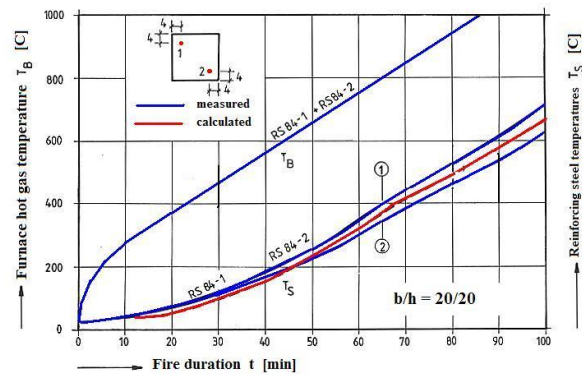


Figure 4.12: Developing of hot-gas temperatures and calculated and measured steel temperatures

In this test also a free restraint is applied as shown in Figure 4.13. It shows the predetermined free restraint of the (RFC) with respect to the fire duration (blue line). In the dashed area the further deformations of the test facility are shown bound to the measured restraint forces during the test. According to the illustration of the deformations of the framework, it becomes evident that the maximum restraint force is attained shortly before the 60<sup>th</sup> fire minute.

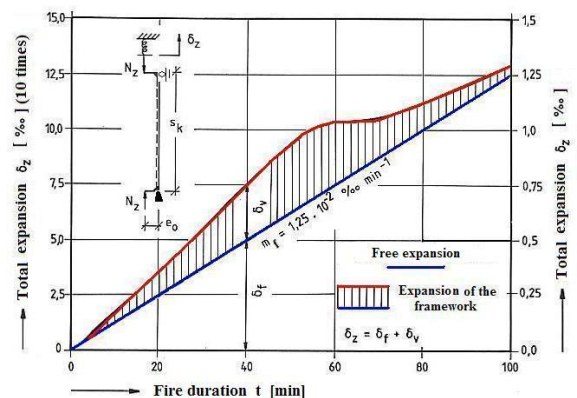
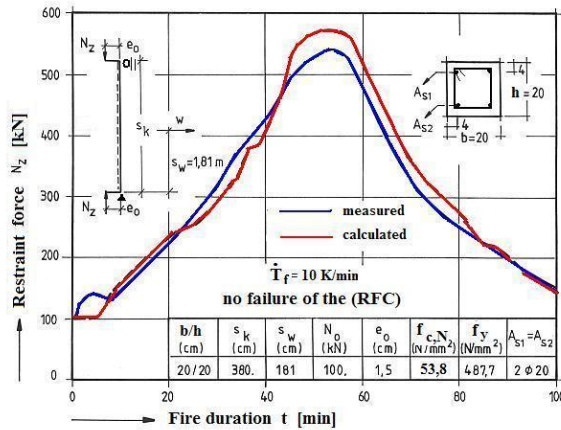


Figure 4.13: Total elongation of the framework due to free elongation and the restraining

Figure 4.14 illustrates the developing of the measured and predicted restraint forces of the (RFC) during the



fire. Obviously, the calculated restraint forces almost exactly reflect the test results. The calculation predicted no failure of the (RFC) even after almost two-hour fire duration. This prediction is also confirmed by the test.

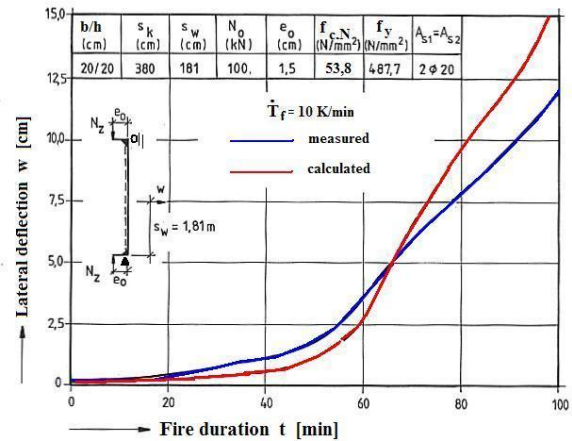


**Figure 4.14:** Measured and calculated restraint forces

For the restraint development of the test the analysis of [Eq. 38, 39] in *PART I* can give a clearing answer. At the beginning the creep deformations of (RFC) are low. The concrete has a comparatively high modulus of elasticity. In the [Eq. 38], the  $R(t)$  has correspondingly low value, because this term is determined by the developing creep deformations during the fire. On the other hand, the term  $Q(t)$  in [Eq. 39] controlled by the modulus of elasticity of the concrete, is relatively high. This combination results in an increase in the development of the restraint forces at the beginning of fire test. However, as the fire continues, considerable creep deformations appear with simultaneous reduction of the concrete E-modulus. These effects cause a regressive development of the functions  $Q(t)$  and  $R(t)$  which lead also to a decreasing stress development in the cross sections of (RFC). In addition, the increasing lateral deformations of the (RFC) make an additional contribution to the reduction of relaxation forces.

Figure 4.15 shows measured and calculated lateral deformations of (RFC) during the fire exposure. Although restraint forces are well reproduced, devia-

tions are observed in the lateral deformations which indicate the high creep effects in the calculation.

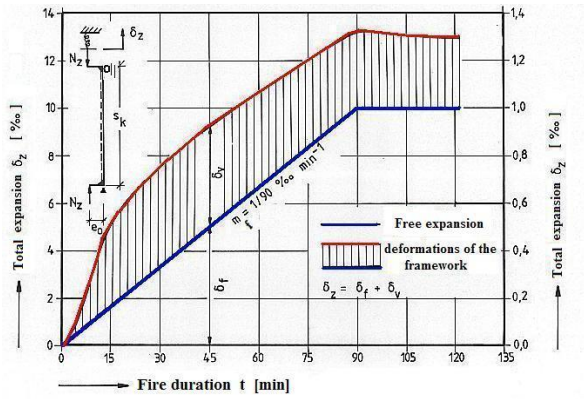


**Figure 4.15:** Measured and calculated lateral deformations

#### 4.5. Column RS 84-3

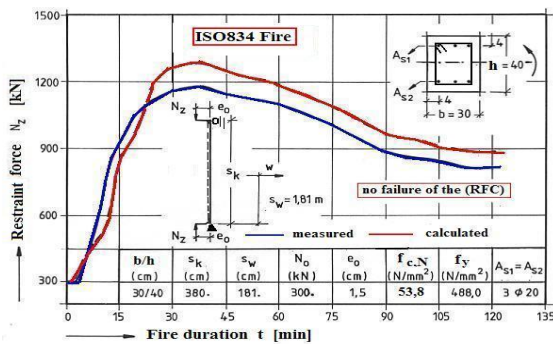
In this fire test a (RFC) with a rectangular cross section ( $b/h=30/40$ ) is used as specimen. The support line at the head and at the foot of the (RFC) is arranged eccentrically parallel to the shorter edge of the cross section. The buckling direction is thereby enforced in the direction of the weak cross section axis. In this test also a planned free restraint is applied as restraining condition.

Figure 4.16 shows the development of the axial free elongation of the (RFC) together with the furnace deformations. The blue line in the figure shows the simulated free restraint of the (RFC) during the ISO834 Fire test so; the red curve indicates the additional vertical deformation of the test facility. The planned free elongation is controlled in such a way that after reaching the 1‰ limit in the 90th minute of the fire exposure, this limit is maintained constant until the end of the test (blue line in Figure 4.16). The test is terminated after two-hour fire duration. No failure of the (RFC) is observed.



**Figure 4.16:** Total elongation of the framework due to free elongation and the restraining

In Figure 4.17, the measured and the calculated restraint forces of the test specimen are shown during the fire test. The mechanical and static boundary conditions of this (RFC) have been added to the figure in a table. The figure shows clearly that the time dependent development of the restraint forces is in good agreement with the calculation results together with the fire resistance.

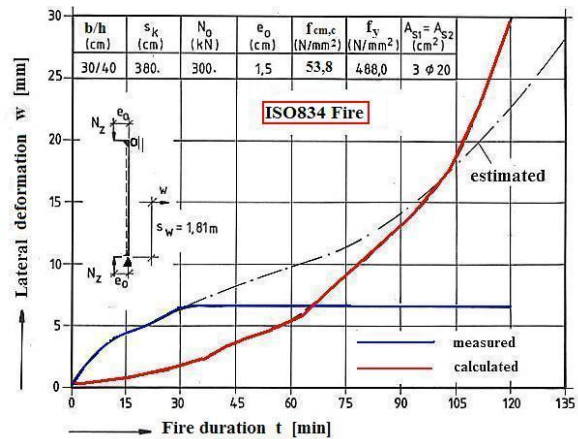


**Figure 4.17:** Measured and calculated restraint forces

The comparatively rapid increase of the restraint forces in this test is due to the static boundary conditions of the (RFC). The low slenderness and the small load eccentricity lead to this development, because the influences remain correspondingly small from the II. Order Theory. Nearly after 45<sup>th</sup> min. of fire duration the restraint forces show a falling development by the time which is incident of the creep effects due to the hot gas temperatures and stress condition in (RFC).

Figure 4.18 shows the development of lateral defor-

mations of (RFC) during the fire exposure. It can be seen from the illustration that the measured deformations increase up to the 30<sup>th</sup> min. of the fire duration. After then, however, no deformation changes could be recorded by the sensor. On the other hand, the calculation shows an increasing lateral deformation for the (RFC). Therefore, the possible test deformations of the (RFC) above this fire duration is estimated and drawn with dashed line in the Figure 4.18.



**Figure 4.18:** Measured and calculated lateral deformations

The test is ended arbitrarily after two hour fire duration because the continuation of the fire test would not bring additional information. The test aimed at the first hand obtaining the development of the lateral deformations and restraining forces during the fire (like RS84-1).

### 5. Conclusions

In SFB an intensive work is carried out to solve the *relaxation and creep* problems. In addition to the experimental research, a theoretical work is also carried out simultaneously on the development of a realistic material model (see *PART I*). It is emphasized that the material model for concrete and steel at high temperatures to be developed should, as far as possible, contain all influencing parameters for a realistic description of the fire behavior of reinforced concrete structures.

Various material models have been presented both in Germany and abroad. The use of these material models, in particular for describing the relaxation behavior of restrained (RFC), has up to now not led to a successful solution for the analysis of the test results. The new material model is developed by collaboration between the two subprojects (A and B3 of SFB) and its validity is confirmed by large scale tests as shown in the previous examples. This process is particularly important because the material models presented from researchers are valid only for certain and narrow boundary conditions and, above all, for assessment of the relaxation behavior of small specimens under fire condition.

The assessment of the fire behavior of structural elements made of reinforced concrete could only be achieved if the time-dependent material properties are taken into account as realistically as possible (see Anderberg, Y., 1983) In this process the influence of the heating rate  $\dot{T}$  of the concrete played a special role in the rheological model (Haksever, A., 1978-1980) At the same time, the load and time-dependent deformations of the concrete in the large scale structural elements are reformulated with the help of extensive experimental work. In this concern creep function in *PART I* has been described in stress, temperature and humidity dependent (see also Bazant, Z. P., Chern, J. C., 1988).

The calculation program used naturally requires a great deal of numerical treatment. Since the determination of the stresses and deformations components must be successively calculated, it is inevitable that the time steps are to select very small for carrying out a load bearing analysis for the entire fire duration. In the cases in which relatively fast deformation and stress changes can be expected, the reduction of time steps are particularly indicated. The calculations have shown that a time step limit of 3-5 minutes should not be exceeded in case of restraining (RFC).

Despite the good agreement between the test and the calculation results, it cannot be said that for the restraint problem of reinforced concrete elements in case of fire the research activities should be ended. Special attention must be given in the future to the transfer of the material laws from small test specimens on large scale test elements (Haksever, A, 1984-1986, Gesamtverformung).

**Acknowledgement:** The Deutsche Forschungsgemeinschaft (German Research Foundation; DFG) who supported the research works of SFB, where the author was also active for many years, deserves particular thanks and appreciates.

### Notations

$A_{sI}$	Tensile reinforcing	[mm <sup>2</sup> ]
$A_{s2}$	Compressive reinforcing	[mm <sup>2</sup> ]
$a$	Thermal diffusivity of normal concrete (see appendix)	[m <sup>2</sup> /h]
$b$	Width of the cross section of (RFC)	[mm]
$C_K$	Convection constant (see appendix)	[W.s <sup>1/2</sup> /m <sup>3/2</sup> K]
$c$	Heat capacity (see appendix)	[kW.s/kgK]
$h$	Depth of the cross section of (RFC)	[mm]
$E_{20}$	Modulus of elasticity of concrete at room temperatures (see appendix)	[N/mm <sup>2</sup> ]
$E_T$	Modulus of elasticity of concrete at elevated temperatures (see appendix)	[N/mm <sup>2</sup> ]
$e_0$	Eccentricity of the vertical load	[cm]
$f$	Strength	[N/mm <sup>2</sup> ]
$f_y$	Yield strength of steel	[N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{cm,cube} = f_{cm,c}$	Mean concrete cube compressive strength of 28 days at room temperatures	[N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{cm,cubeT} = f_{cm,cT}$	Mean concrete cube compressive strength at elevated temperatures	[N/mm <sup>2</sup> ]
$f_{ck}$	Characteristic concrete strength	[N/mm <sup>2</sup> ]
$l$	Length	[mm]
$m_f$	Free elongation rate of the restraining	[%/min]
$N$	Vertical load of (RFC)	[kN]
$N_0$	Initial vertical load of (RFC)	[kN]

$N_z$	Restraint force	[kN]	Pages 1-11.
	Heat flow direction	←	Bazant, Z.P.; Chern, J.C.: Concrete Creep at Variable Humidity: Constructive Law and Mechanism. <i>Mat. et Constr.</i> , Vol.18, No.103, 1/20, 1985.
$\dot{q}_T$	Total Heat flow (see appendix)	[W/m <sup>2</sup> ]	
$\dot{q}_K$	Convective heat flow (see appendix)	[W/m <sup>2</sup> ]	David Lange, Johan Sjöström.: Mechanical response of a partially restrained column exposed to localized fires. <i>Fire Safety Journal</i> , Volume 67, July 2014, Pages 82-95.
$\dot{q}_R$	Heat flow by radiation (see appendix)	[W/m <sup>2</sup> ]	
$s_k$	Buckling length of the (RFC)	[cm, m]	DIN 4102 – Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen (Fire behavior of building materials and structural elements) Teile (Parts) 1-3, Teile 5-7, and Teil 4., DIN Deutsches Institut für Normung E.V., Beuth Verlag, Berlin, (1981)
$s_w$	The height for the measured and calculated lateral deformation of (RFC)	[m]	
$T_g$	Hot-gas temperature in the furnace	[C]	DIN V ENV 1992-1-2 Eurocode 2 – Planung von Stahlbeton- und Spannbeton-tragwerken, Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall, (Design of structural constructions for fire exposure), (1997).
$T_s$	Reinforcing steel temperatures	[C]	
$\dot{T}_f$	Heating rate of the furnace	[C/min]	
$T$	Temperature	[C]	Haksever, A.: Zum Relaxationsverhalten von Stahlbetonstützen im Brandfall. SFB Jahresbericht 1981-1983, Teil I (On the relaxation behavior of reinforced concrete columns in case of fire, SFB, Report) Technische Universität Braunschweig.
$\Delta K$	Kelvin difference	[C]	
$T_L$	Local Temperature	[C]	
$T_w$	Surface temperature (see appendix)	[C]	
$t$	Time	[min, s]	Haksever, A.: Relaxationsverhalten von Stahlbeton-tragwerke im Brandfall. SFB Jahresbericht 1978-1980, Teil I (Relaxation behaviour of reinforced concrete structures), Technische Universität Braunschweig.
$v_g$	Hot gas flow velocity on the surface of (RFC)	[m/s]	
$w$	Lateral deformation	[cm]	Haksever, A.: Mathematische Modellierung des Verformungsverhaltens von Festbetone unter Brandbeanspruchung. SFB Jahresbericht 1984-1986, Teil I (Mathematical description of deformation behavior hard concrete), Technische Universität Braunschweig.
$w_h$	Humidity (see appendix)	[%]	
$w/c$	Water/cement ratio (see appendix)	[-]	

**Additional Symbols**

$\alpha_i$	Heat transfer coefficient in the furnace (see appendix)	[W/m <sup>2</sup> K]	Haksever, A.: Gesamtverformung der Großbeton-Probekörper im Brandfall. SFB Jahresbericht 1984-1986, Teil I (Total deformation large scale specimens in case of fire., SFB, Report 1984-1986, Part I), Technische Universität Braunschweig.
$\delta_z$	Total elongation	[%]	ISO: International Organization for Standardization ISO Central Secretariat. Chemin de Blandonnet 8, CP 401. 1214 Vernier, Geneva, Switzerland
$\delta_f$	Free elongation for the (RFC)	[%]	
$\delta_v$	Elongation of the test framework due to retraining forces	[%]	I. Cabrita Neves, J.C. Valente, J.P. Correia Rodrigues.: Thermal restraint and fire resistance of columns. <i>Fire Safety Journal</i> , Volume 37, Issue 8, November 2002, Pages 753-771.
$\epsilon_{res}$	Resulting emission factor (see appendix)		
$\lambda$	Heat conductivity (see appendix)	[W/mK]	Kang-Hai Tan, Truong-Thang Nguyen.: Structural responses of (RFC) subjected to uniaxial bending and restraint at elevated temperatures. <i>Fire Safety Journal</i> , Volume 60, (2013), 1-13.
$\sigma$	Stefan-Boltzmann constant (see appendix)	[W/m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup> ]	
$\rho$	Density	[kg/m <sup>3</sup> ]	Kang-Hai Tan, Truong-Thang Nguyen.: Thermal-induced restraint forces in reinforced concrete columns subjected to eccentric loads. <i>Fire Safety Journal</i> , Volume 69, (2014), 136-146

**References**

Anderberg, Y.: Fire-Exposed Hyperstatic Concrete Structures- A Testal and Theoretical Study. Div. of Structural- Mechn. And Concrete Constr., Inst. of Techn., Lund, 1976.

Anderberg, Y.: Stress and Deformation characteristics of Concrete in high Temperatures. RILEM-Committee 44-PHT, Febr. 1983.

António José P. Moura Correia, João Paulo C. Rodrigues.: Fire resistance of steel columns with restrained thermal elongation. *Fire Safety Journal*, Volume 50, May 2012,

Klingsch, W., Traglastberechnung instationär thermisch belasteter Stahlbeton-Druck-glieder (Load bearing calculation of reinforced concrete compression elements under instationary thermic loading). Diss., Technische Universität Braunschweig, 1975.

Kordina, K., Meyer-Ottens, C.: Beton-Brandschutz Handbuch, (Concrete-Fire Protection Handbook), Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf 1981. ISBN-3-7640-0136-4.

P. Bamonte, F. Lo Monte.: Reinforced concrete columns exposed to standard fire: Comparison among different constitutive models for concrete at high temperature. *Fire Safety Journal*, Volume 71, January 2015, Pages 310-323.

Schneider, U.: Behavior of Concrete at High Temperatures. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 337, Verlag W. Ernst und Sohn, Berlin, 1982.

Schneider, U.: Creep and Relaxation of Concrete under High Temperatures (in German). Habilitation, Technische Universität Braunschweig, 1979.

Schneider, U., Haksever, A.: Wärmobilanzrechnungen für Brandräume (Heat balance calculations for fire rooms). Technische Universität Braunschweig, IBMB, 1980.

SFB 148.: "Sonderforschungsbereich 148, Brandverhalten von Bauteilen" (A special research field Nr. 148, Fire behavior of structural elements).

*Subproject A:* Fire behavior of structural elements

*Subproject B3:* Material behavior of structural concrete elements at elevated temperatures.

Technische Universität Braunschweig, Germany. 1971-1986.



APPENDIX

In appendix, illustrations are given for the calculation of the temperature distribution as well as thermal material properties of concrete for the calculation of fire behavior of the (RFC) which are used in the computational research.

A) Thermal properties of normal concrete for heat transfer calculation (Kordina, K. et al. 1988).

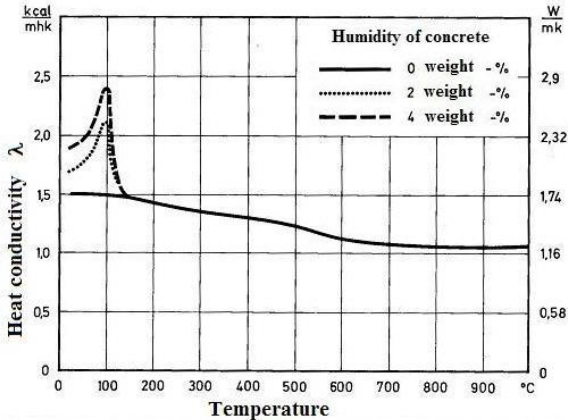


Figure A1: Heat conductivity of concrete  $\lambda$  with quartzite aggregate at elevated temperatures

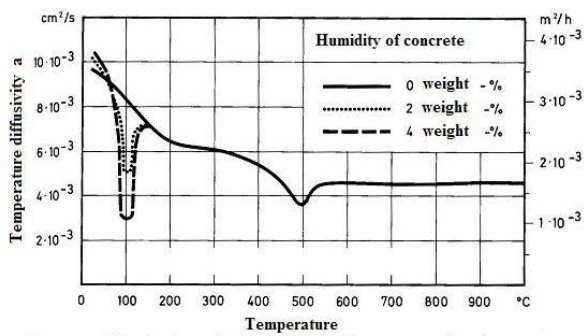


Figure A2: Thermal diffusivity of concrete  $a$  with quartzite aggregate at elevated temperatures

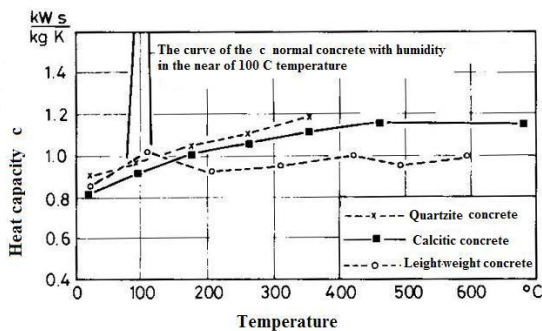


Figure A3: Specific heat capacity of concrete  $c$  with different aggregates at elevated Temperatures

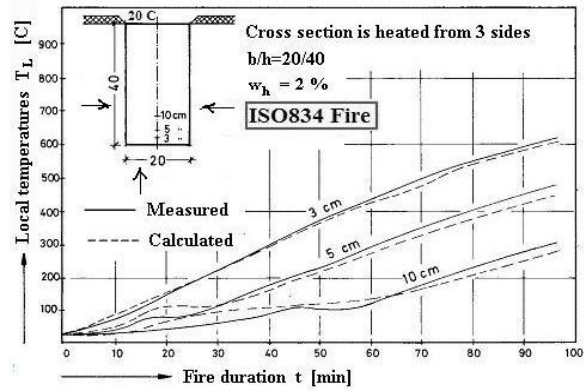


Figure A4: Comparison of measured and calculated temperatures of a concrete beam

B) Thermal material properties of concrete

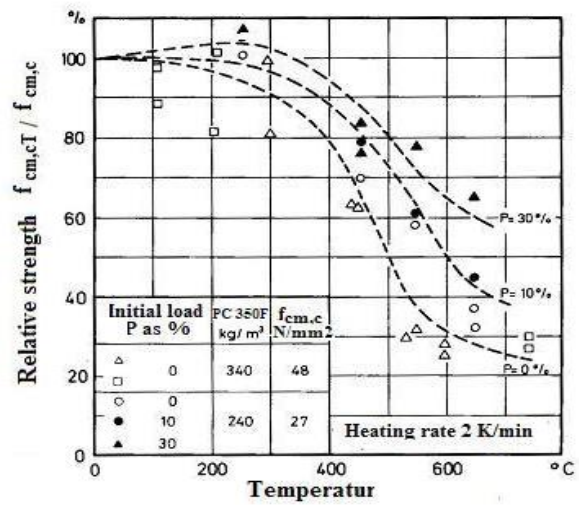


Figure B1: Relative strength of concrete with quartzite aggregate under different initial loads at elevated temperatures

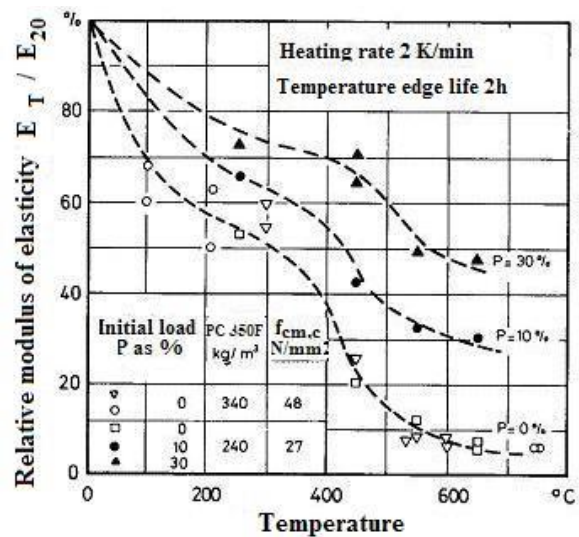
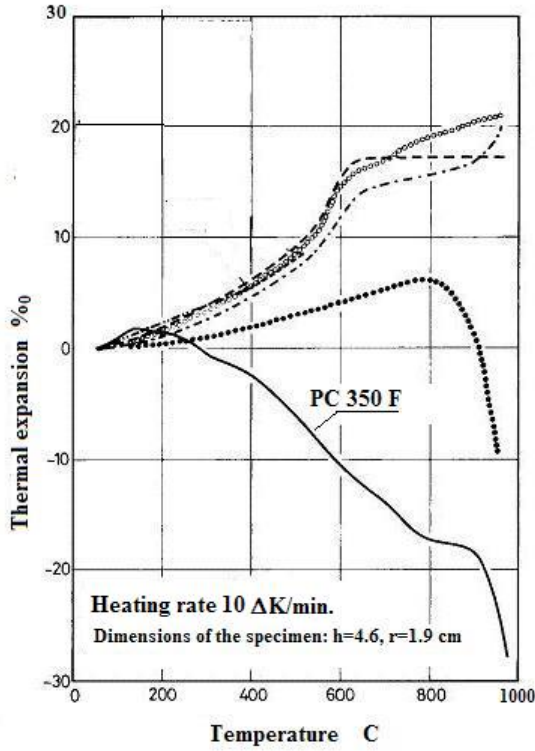


Figure B2: Relative modulus of elasticity of concrete with quartzite aggregate at elevated temperatures



**Figure B3:** Thermal elongation of concrete with different aggregates at elevated temperatures

**C) Heat transfer in the furnace.** (Schneider, U., et al., 1980).

Total heat transfer density to the (RFC) through convection and radiation  $\dot{q}_T$  :

The following equations are applied for both the ISO834 Fire as well as the constant heating rate (as in this article). Fundamental equations are given below:

C1) Total heat energy density

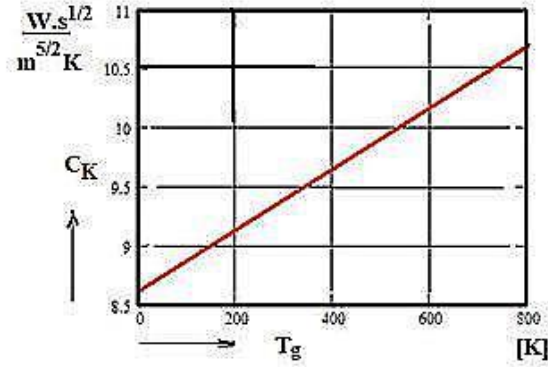
$$\dot{q}_T = \alpha_i (T_g - T_w) + \epsilon_{res} \sigma (T_g^4 - T_w^4) = \dot{q}_K + \dot{q}_R \quad [\text{W/m}^2] \quad (1)$$

C1.1) Convective heat energy density

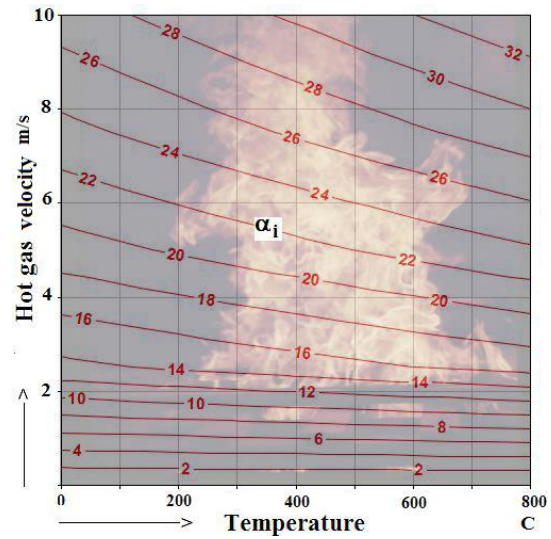
$$\alpha_i = \frac{7}{6} (7.38 + 0.00224 T_g) v_g^{0.5} = C_K v_g^{0.5} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (2)$$

$$\dot{q}_K = \alpha_i (T_g - T_w) \quad [\text{W/m}^2]$$

$v_g \approx 5 \text{ m/s}$  is set in the calculations



**Figure C1:** Coefficient  $C_K$  in Eq. 2 bound to the temperature



**Figure C2:** Convection factor  $\alpha_i$  in Eq. 2  $\text{W/m}^2\text{K}$  bound to the temperature and hot gas velocity

C1.2) Radiant heat energy density

$$\dot{q}_R = \epsilon_{res} \sigma (T_g^4 - T_w^4) \quad (3)$$

$$\epsilon_{res} = \epsilon_g \cdot \epsilon_w = 0.35 \quad (4)$$

$\epsilon_g$  Hot gas emission,  $\epsilon_w$  emission of the concrete surface

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4 \quad (5)$$

Temperature distribution in the (RFC)-section is calculated using the Fourier-Equation:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho c} \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + \frac{d\lambda}{dT} \left[ \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial T}{\partial y} \right)^2 \right] \quad (6)$$

In equation (6) any heat sources in (RFC) are excluded. For a plane surface  $x, y$  shows the coordinates of the calculated temperatures at discrete points. Thermal material properties  $a, c$  and  $\lambda$  are taken into account as a function of temperature by means of linear approximations (see Figures A1-A3).

# ANTİSİMETRİK $Al_xL Ga_{1-x}L As/GaAs/Al_xR Ga_{1-x}R As$ KUANTUM KUYUSUNDA SICAKLIK VE HİDROSTATİK BASINÇ ETKİLERİ

Serpil SUCU<sup>1\*</sup>, Sema MİNEZ<sup>1</sup>, Hasan AKBAŞ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trakya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Edirne, Türkiye

**Özet:** Bu çalışmada sıcaklık ve hidrostatik basınç etkisi altında simetrik  $Al_xGa_{1-x}As/GaAs/Al_xGa_{1-x}As$  ve antisimetrik  $Al_xL Ga_{1-x}L As/GaAs/Al_xR Ga_{1-x}R As$  kuantum kuyularında engel yükseklik oranlarının etkileri, etkin kütle yaklaşımında varyasyonel yöntem kullanılarak çalışıldı. Taban durum yabancı atom enerjileri, yabancı atom enerjisinin dönüm noktaları ve taban durum normalize edilmiş bağlanma enerjileri hesaplandı. Sıcaklık, hidrostatik basınç, farklı engel yükseklikleri ve yabancı atom konumunun, taban durum yabancı atom enerjisini ve yabancı atom enerjisinin dönüm noktalarını önemli ölçüde değiştirdiği gösterildi.

**Anahtar Kelimeler:** Dönüm noktası, Sıcaklık, Hidrostatik basınç, Bağlanma enerjisi, Normalize edilmiş bağlanma enerjisi

## THE TEMPERATURE AND HYDROSTATIC PRESSURE EFFECTS IN THE ASYMMETRIC $Al_xL Ga_{1-x}L As/GaAs/Al_xR Ga_{1-x}R As$ QUANTUM WELL

**Abstract:** In this work, we studied the effects of barrier height ratio  $V_L/V_R$  on symmetric  $Al_xGa_{1-x}As/GaAs/Al_xGa_{1-x}As$  and asymmetric  $Al_xL Ga_{1-x}L As/GaAs/Al_xR Ga_{1-x}R As$  quantum wells under the presence of hydrostatic pressure and temperature by using variational method with in the effective mass approximation. We calculated ground state impurity energies, impurity energy turning points and ground state normalized binding energies as functions of the impurity position. We observed that the ground state impurity energies and impurity energy turning points depends strongly on hydrostatic pressure, temperature, different barrier heights and impurity positions.

**Keywords:** Turning point, Temperature, hydrostatic pressure, Binding energies, Normalized binding energies

### Giriş

Düşük boyutlu sistemlerde yabancı atom durumları üzerine kuantum sınırlamalarının etkilerini anlamak önemlidir. Son yıllarda, kuantum kuyuları, kuantum telleri ve kuantum noktaları gibi düşük boyutlu sistemlerde yabancı atom durumları yeni devre tasarımlarına olanak sağladığından dolayı elektronik ve iletişim teknolojisini daha iyi bir duruma getirebilmek için teorik ve deneysel çalışmalar yapılmaktadır.

Yabancı atom durumları üzerine sıcaklık ve hidrostatik basıncın etkileri ile ilgili literatürde pek çok çalışma bulunmaktadır. Küresel kuantum noktasında yabancı atomun bağlanma enerjisi üzerinde sıcaklığın etkisi Elabsy tarafından çalışılmıştır (Elabsy,

1992). Kuantum kuyusunda sıcaklık ve hidrostatik basıncın etkileri Klar vd. tarafından çalışılmıştır (Klar, 2001). Küresel kuantum noktasında bağlanma enerjisinin üzerine elektrik alan hidrostatik basınç ve sıcaklığın etkileri çalışılmıştır (Erdoğan, 2013; Rezaei, 2012). Antisimetrik kuantum kuyusuna hidrostatik basınç ve elektrik alan etkisi Niculescu vd. tarafından çalışılmıştır (Niculescu, 2010). Herhangi bir dış etkinin olmadığı antisimetrik  $Al_xL Ga_{1-x}L As/GaAs/Al_xR Ga_{1-x}R As$  kuantum kuyusuna farklı engel yükseklik oranlarının etkileri çalışılmıştır (Akbas, 2014; Zhang, 2010). Normalize edilmiş bağlanma enerjisi üzerine elektrik alan, manyetik alan ve hidrostatik basıncın etkileri çalışılmıştır (Dane, 2009; Dane, 2010; Dane, 2011).

Biz de bu çalışmada etkin kütle yaklaşımında varyasyonel yöntem kullanarak sıcaklığın ve hidrostatik basıncın etkisi altındaki simetrik  $Al_xGa_{1-x}As/GaAs/Al_xGa_{1-x}As$  ve antisimetrik  $Al_{xL}Ga_{1-xL}As/GaAs/Al_{xR}Ga_{1-xR}As$  kuantum kuyusunu inceledik. Farklı engel yükseklik oranları, sıcaklık ve hidrostatik basınç değerleri için taban durum yabancı atom enerjisinin pozitif değerlerden negatif değerlere geçtiği dönüm noktalarını (DN) hesapladık. Ayrıca taban durum bağlanma enerjisini taban durum yabancı atom enerjisine bölerek normalize edilmiş bağlanma enerjisini hesapladık. Görülmektedir ki engel yükseklik oranlarını ve yabancı atom konumunu değiştirmek elektron-yabancı atom mesafesini

değiştirmektedir ve aynı zamanda z doğrultusundaki dalga fonksiyonunu kaydırmakta ve sistemin simetrisini bozmaktadır (Akbas, 2014). Bu durum kuantum kuyusunun elektronik ve optiksel özelliklerini değiştirmede önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle bizim sonuçlarımız yeni elektronik cihazların tasarlanmasında kullanılabilir. Bu çalışmada sıcaklık Kelvin ve hidrostatik basınç kbar birimindedir.

### Yöntem

Etkin kütle yaklaşımında  $Al_{xL}Ga_{1-xL}As/GaAs/Al_{xR}Ga_{1-xR}As$  kuantum kuyusunda sıcaklık ve hidrostatik basınç etkisi altında  $\vec{r}_i = (0,0,z_i)$  ' de konumlandırılmış hidrojenik donör yabancı atom için silindirik koordinatlarda Hamiltonyen (Akbas, 2014),

$$H = -\frac{\hbar^2}{2m^*(P,T)} \left[ \frac{\partial^2}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right] - \frac{e^2}{\varepsilon(P,T)\sqrt{\rho^2 + (z-z_i)^2}} + V(z,P,T) \quad (1)$$

olarak ifade edilir. Burada  $e$  elektron yükü,  $\sqrt{\rho^2 + (z-z_i)^2}$  elektron ile yabancı atom arasındaki mesafe,  $\varepsilon(P,T)$  kuantum kuyusunun içindeki ortamın dielektrik sabiti ve  $m^*(P,T)$  etkin küttedir,  $\varepsilon(P,T)$  ve  $m^*(P,T)$  hidrostatik basıncın ve sıcaklığın fonksiyonu olarak,

$$\varepsilon(P,T) = \begin{cases} 12.74 \exp(-1.73 \times 10^{-3} P) \exp[9.4 \times 10^{-5} (T - 75.6)] & T \leq 200K \\ 13.18 \exp(-1.73 \times 10^{-3} P) \exp[20.4 \times 10^{-5} (T - 300)] & T \geq 200K \end{cases} \quad (2)$$

ve

$$m^*(P,T) = \left[ 1 + 7.51 \left( \frac{2}{E_g^\Gamma(P,T)} + \frac{1}{E_g^\Gamma(P,T) + 0.341} \right) \right]^{-1} m_0 \quad (3)$$

şeklinde (John Peter, 2008; Yeşilgül, 2010).

Buradaki  $E_g^\Gamma(P,T)$ ,  $GaAs$  için hidrostatik basınç ve sıcaklığa bağlı yasak enerji aralığıdır ve

$$E_g^\Gamma(P,T) = 1.519eV + \alpha \frac{T^2}{T + 204K} + bP + cP^2 \quad (4)$$

şeklinde. Burada  $\alpha = -5.405 \times 10^{-4}$  eV/K,  $b = 1.26 \times 10^{-2}$  eV/kbar,  $c = -3.77 \times 10^{-5}$  eV/kbar<sup>2</sup>dir (John Peter, 2008).

Antisimetrik kuantum kuyusu için sınırlayıcı potansiyel  $V(z,P,T)$ ,

$$V(z,P,T) = \begin{cases} V_L(x_L,P,T) & , z < 0 \\ 0 & , 0 \leq z \leq L(P) \\ V_R(x_R,P,T) & , L(P) < z \end{cases} \quad (5)$$

dir. Kuantum kuyusunun kuyu genişliği, dış etki yokken  $L_0$  ile gösterilir ve kuyu genişliğine sıcaklığın etkisi ihmal edilebilecek kadar az olduğundan dolayı

$$L(P) = L_0 \left( 1 - 1.5082 \times 10^{-3} P \right) \quad (6)$$

şeklinde hidrostatik basıncın bir fonksiyonu olarak ifade edilir (John Peter, 2008).  $V(z,P,T)$  sınırlayıcı potansiyeli farklı  $Al$  mol kesirleri ile üç katmanlı olarak üretilir ve

$$x(z) = \begin{cases} x_L & , z < 0 \\ 0 & , 0 \leq z \leq L(P) \\ x_R & , L(P) < z \end{cases} \quad (7)$$

dir.  $\Delta E_g$  eV,  $D(x_{L,R})$  eV/kbar ve  $G(x_{L,R})$  eV/K biriminde olmak üzere

$$\text{şeklinde dir. Biz bu çalışmada } \beta = \frac{x_L}{x_R} \text{ 'yı } \Delta E_g^\Gamma(x_{L,R}) = 1.155x_{L,R} + 0.37x_{L,R}^2 \quad (10)$$

$$\text{antisimetrik parametre olarak tanımladık. } D(x_{L,R}) = -1.3 \times 10^{-3} x_{L,R} \quad (11)$$

$$\text{Hesaplarımızda herhangi bir dış etkinin olmadığı } G(x_{L,R}) = -1.15 \times 10^{-4} x_{L,R} \quad (12)$$

durumda, sabit  $Al$  mol kesrinin  $x_L = 0.3$  olduğu duruma karşılık gelen  $V_L = 228 \text{ meV}$  değerini kullandık.

dir[13].

Yabancı atomun yokluğunda Hamiltonyenin özfonksiyonları taban durum için

Uygulanan basıncın etkisi altında engel yüksekliği

$$V_{L,R}(x_{L,R}, P, T) = Q_c \Delta E_g(x_{L,R}, P, T) \quad (8)$$

olup, burada  $Q_c = 0,658$  iletkenlik bant aralığı ve

$$\psi_0(z) = \begin{cases} B_l e^{\alpha_l z} & , 0 < L(P) \\ A_c \sin(\alpha_c z + \Phi) & , 0 \leq z \leq L(P) \\ B_r e^{-\alpha_r z} & , L(P) < z \end{cases} \quad (13)$$

$$\Delta E_g^\Gamma(x_{L,R}, P, T) = \Delta E_g^\Gamma(x_{L,R}) + PD(x_{L,R}) + TG(x_{L,R}) \quad \text{olarak ifade edilir. Burada}$$

$$\alpha_{l,r} = \sqrt{2m^*(P,T)(V_{L,R}(x_{L,R}, P, T) - E_0(L(P), P, T)) / \hbar^2} \quad \text{ve} \quad \alpha_c = \sqrt{2m^*(P,T)E_0(L(P), P, T) / \hbar^2} \quad (14)$$

dir. Burada  $E_0(L(P), P, T)$  ;

$$\tan(\Phi + \alpha_c L(P)) = -\frac{\alpha_c}{\alpha_r} \quad \text{ve} \quad \sin(\Phi) = \sqrt{\frac{E_0(L(P), P, T)}{V_L(x_L, P, T)}} \quad (15)$$

transandantal denklemdeki  $E_0$  taban durum enerjisidir. Yabancı atomun varlığında antisimetrik kuantum kuyusu için zamandan bağımsız Schrödinger denklemi yaklaşık yöntemlerden varyasyonel yöntemle çözülecektir. Bu durum için deneme dalga fonksiyonu

$$\psi(\rho, z) = N \psi_0(z) \exp(-\lambda \sqrt{\rho^2 + (z - z_i)^2}) \quad (16)$$

olarak seçilir. Burada  $\lambda$  varyasyonel parametre ve  $N$  normalizasyon sabitidir.

$E_i(L(P), z_i, V_{L,R}(x, P, T))$  taban yabancı atom enerjisi

$$E_i(L(P), z_i, V_{L,R}(x, P, T)) = \min_\lambda \frac{\langle \psi(\rho, z) | \hat{H} | \psi(\rho, z) \rangle}{\langle \psi(\rho, z) | \psi(\rho, z) \rangle} \quad (17)$$

ifadesinden  $\lambda$  'nın minimizasyonu ile elde edilir. Bu çalışmada yabancı atom enerjisi üzerine farklı engel yükseklik oranları  $\beta$  'nın etkileri ve yabancı atom konumundaki değişikliklerin etkileri araştırıldı. Yabancı atomun olmadığı durumda taban durum

enerjisi  $E_0(L(P), P, T)$  ve yabancı atom varlığında taban durum yabancı atom enerjisi  $E_i(L(P), z_i, V_{L,R}(x_{L,R}, P, T))$  olmak üzere sistemin bağlanma enerjisi

$$E_b(L(P), z_i, V_{L,R}(x_{L,R}, P, T)) = E_0(L(P), P, T) - E_i(L(P), z_i, V_{L,R}(x_{L,R}, P, T)) \quad (18)$$

şeklinde tanımlanır ve normalize edilmiş bağlanma enerjisi,

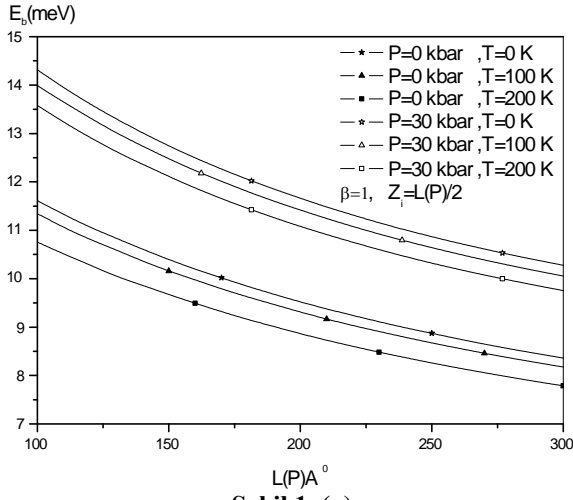


$$NE_b(L(P), z_i, V_{L,R}(x_{L,R}, P, T)) = \frac{E_b(L(P), z_i, V_{L,R}(x_{L,R}, P, T))}{E_i(L(P), z_i, V_{L,R}(x_{L,R}, P, T))} \quad (19)$$

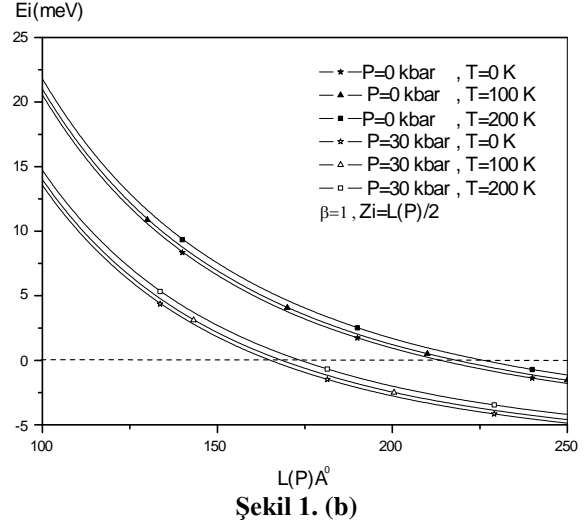
olarak tanımlanır (Dane, 2009; Dane, 2010; Dane, 2011).

### Sonuçlar ve Değerlendirme

Bu kısımda  $z_i \in [0, L]$  için simetrik  $Al_xGa_{1-x}As/GaAs/Al_xGa_{1-x}As$  ve antisimetrik  $Al_xL Ga_{1-xL}As/GaAs/Al_{xR}Ga_{1-xR}As$  tekli kuantum kuyuları için nümerik hesaplamalar gerçekleştirildi. Farklı engel yükseklikleri  $\beta = 0.75$ ,  $\beta = 1$ ,  $\beta = 1.5$  seçildi. Sınırlayıcı potansiyel değeri için herhangi bir dış etkinin olmadığı durumda,  $x_L = 0.3$  seçildi. Dış etki yokken kuantum kuyu genişliği  $L_0 = 240 \text{Å}$  alınmıştır. Sıcaklık (0-250) K ve hidrostatik basınç (0-30) kbar, aralığında incelenmiştir. Sonuçlar aşağıdaki beş grafikte verilmiştir.



Şekil 1. (a)



Şekil 1. (b)

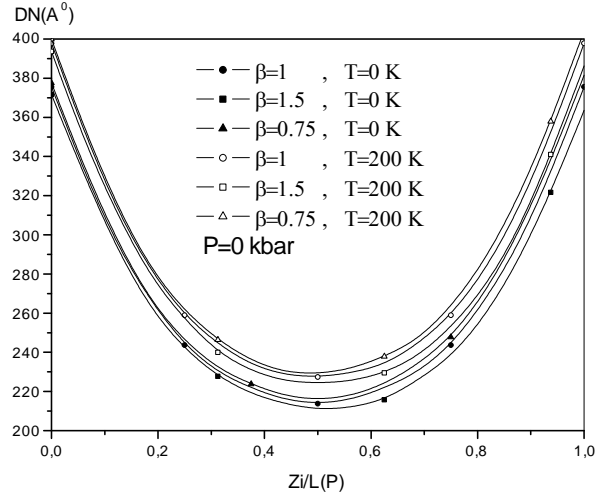
Şekil 1. (a) taban durum yabancı atom enerjisinin ve (b) taban durum bağlanma enerjisinin kuantum kuyusunun genişliğine göre değişimi

Şekil 1' de farklı sıcaklık ve hidrostatik basınç değerleri için yabancı atomun simetrik kuantum kuyusunun merkezinde olduğu durumda (a) taban durum yabancı atom enerjisinin (b) taban durum bağlanma enerjisinin kuantum kuyusunun genişliğine göre değişim grafiği gösterilmektedir. (a) da  $E_i$  taban durum yabancı atom enerjisi kuyu genişliği ve basınç arttıkça azalmakta, sıcaklık arttıkça artmaktadır. Ayrıca sıcaklığın artırılmasıyla dönüm noktalarının (DN) daha büyük kuyu genişliklerinde, basıncın artırılmasıyla DN'nın daha küçük kuyu genişliklerinde olduğu gözlenmektedir. (b) de  $E_b$  taban durum bağlanma enerjisi kuyu genişliği ve sıcaklık arttıkça azalmakta, hidrostatik basınç arttıkça artmaktadır. Bu sonuçlar literatürle uyumludur (Dane, 2011), (Karki, 2011).

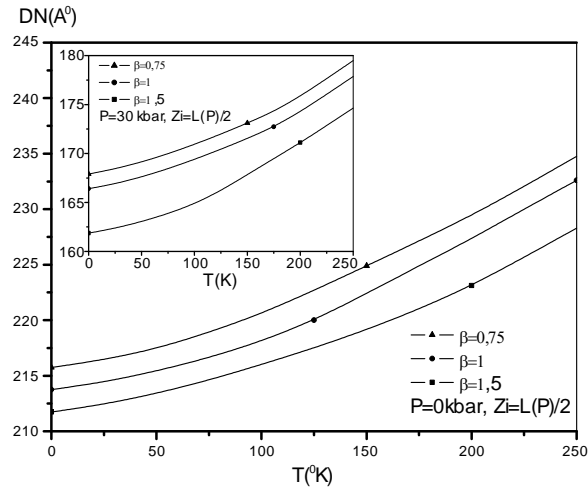
Şekil 2' de sıcaklığın farklı sabit değerleri için simetrik ve antisimetrik kuantum kuyusunda taban durum yabancı atom enerjisinin dönüm noktalarının yabancı atomun konumunun bir fonksiyonuna bağlı

olarak değişim grafiği gösterilmektedir. Yabancı atom merkezdeyken yabancı atom enerjisinin en küçük değeri aldığı görülmektedir.

Dönüm noktası eğrisi yabancı atomun konumunun  $z_i/L$  nin 0 ile 1 aralığındaki yer değiştirmesiyle ilk



**Şekil 2.** Farklı antisimetrik parametreler  $\beta$  ve sıcaklıklar  $T$  için dönüm noktalarının yabancı atomun konumunun fonksiyonu olan  $z_i/L(P)$  ye göre değişim grafiği.



**Şekil 3.** Farklı antisimetrik parametreler  $\beta$  için dönüm noktalarının sıcaklığa göre değişim grafiği

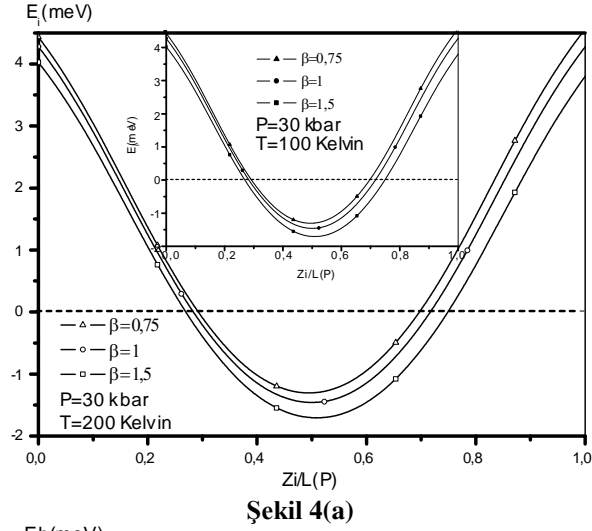
olarak  $z_i/L=0.5$  değerine kadar azalmaktadır daha sonra artmaktadır. Yani dönüm noktası eğrileri  $z_i/L=0.5$  değerinde minimumdur ve  $\beta=1$  simetrik engel yükseklik oranı durumunda dönüm noktası eğrisinin  $z_i=L(P)/2$  etrafında simetrik,  $\beta=0.75$  ve  $\beta=1.5$  durumlarında ise antisimetrik dağıldığı

görülmektedir. Dönüm noktaları engel yükseklik oranı arttıkça azalmaktadır, sıcaklık arttıkça artmaktadır.

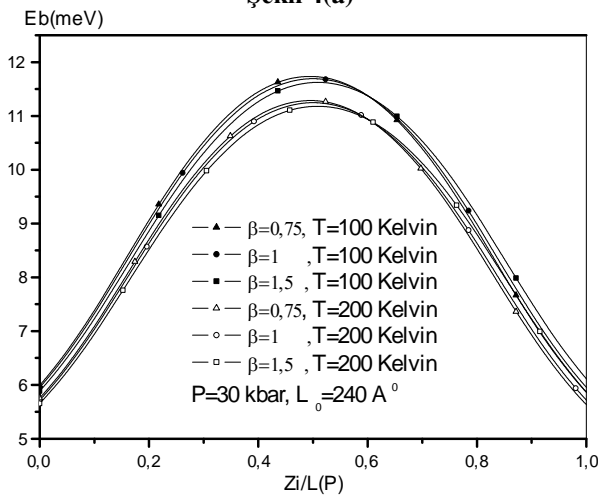
Şekil 3'de Üç farklı antisimetrik parametreler  $\beta=0.75$ ,  $\beta=1$ ,  $\beta=1.5$  için ve yabancı atomun konumunun kuantum kuyusunun merkezinde olduğu durum  $z_i=L(P)/2$  için kuantum kuyusunun taban durum yabancı atom enerjisinin dönüm noktalarının sıcaklığa göre değişimi gösterilmektedir. Dönüm noktaları  $\beta$  antisimetrik parametre arttıkça azalmakta ve sıcaklık arttıkça artmaktadır.  $P=0$  kbar değerinde farklı  $\beta$  için dönüm noktası eğrileri arasındaki fark hemen hemen birbirine çok yakındır. Ancak  $P=30$  kbar değerinde  $\beta=1.5$  için dönüm noktası eğrisinin oluşturduğu fark diğer iki dönüm noktası eğrisinin oluşturduğu farktan daha büyüktür.

Şekil 4' de  $\beta=0.75$ ,  $\beta=1$ ,  $\beta=1.5$  ve herhangi bir etkinin olmadığı durumda kuyunun genişliği  $L_0=240A^0$  için a) taban durum yabancı atom enerjisi b) taban durum bağlanma enerjisinin yabancı atom konumunun fonksiyonu olan  $z_i/L(P)$  ye göre değişim grafiği gösterilmektedir.

Her iki grafikte de  $\beta=1$  simetrik kuantum kuyusu durumu için eğrilerin kuantum kuyusunun merkezi  $z_i=L(P)/2$  ye göre simetrik olduğunu görmekteyiz.  $\beta=0.75$ ,  $\beta=1.5$  için bu simetrimin bozulduğu görülmektedir. (a) da engel yükseklik oranı arttıkça taban durum yabancı atom enerjisi  $E_i$  nin azaldığı ayrıca sıcaklık arttıkça taban durum yabancı atom enerjisi  $E_i$  nin arttığı görülmektedir.  $\beta=0.75$  için taban durum yabancı atom enerjisinin negatif bölgede

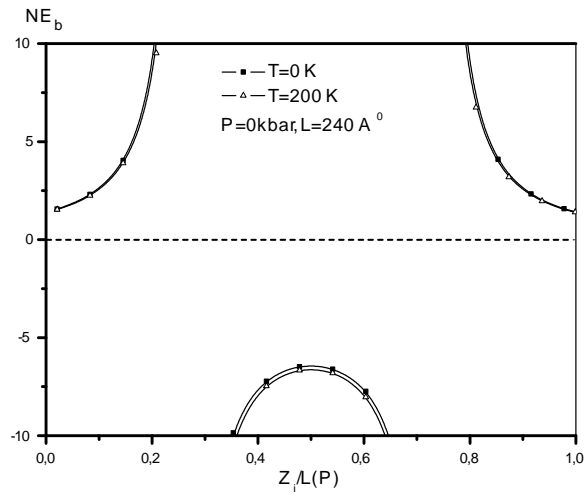


Şekil 4(a)



Şekil 4(b)

Şekil 4. (a) taban durum yabancı atom enerjisinin (b) taban durum bağlanma enerjisinin yabancı atomun konumunun fonksiyonu olan  $z_i/L(P)$  ye göre değişim grafiği.



Şekil 5. Normalize edilmiş bağlanma enerjisinin yabancı atom konumuna bağlı değişim grafiği.

kapladığı alan en küçük iken  $\beta=1.5$  için taban durum yabancı atom enerjisinin negatif bölgede kapladığı alan en büyüktür. Ayrıca  $z_i > L(P)/2$  durumu için taban durum yabancı atom enerjileri arasındaki fark  $z_i < L(P)/2$  durumuna göre belirgin şekilde artmaktadır. (b) de bağlanma enerjisi eğrisinin maksimum değeri  $\beta=0.75$  durumu için kuantum kuyusunun sol bölgesine doğru ve  $\beta=1.5$  için kuantum kuyusunun sağ bölgesine doğru kaymaktadır. Ayrıca sıcaklık arttıkça bağlanma enerjisinin azaldığı görülmektedir.

Şekil 5' de Normalize edilmiş bağlanma enerjisinin yabancı atomun konumuna göre değişim grafiği iki farklı sıcaklık değeri için gösterilmektedir. Bu grafikte kuantum kuyu genişliği  $L=240\text{Å}$  antisimetrik parametre  $\beta=1$  ve hidrostatik basınç  $P=0$  kbar olarak seçilmiştir. Normalize edilmiş bağlanma enerjisinin artan sıcaklık ile azaldığı ve dönüm noktalarında sonsuz değer aldığı görülmektedir.

Sonuç olarak bu çalışmada etkin kütle yaklaşımı içerisinde varyasyonel yöntem kullanılarak antisimetrik kuantum kuyusu üzerinde farklı antisimetrik parametrelerin, sıcaklığın ve hidrostatik basıncın taban durum yabancı atom, taban durum bağlanma ve normalize edilmiş bağlanma enerjileri üzerine etkileri araştırıldı. Elektron-yabancı atom mesafesinin, yabancı atomun konumu  $z_i$  ve antisimetrik parametre  $\beta$  ile değiştiği gözlemlendi.  $\beta$  ve  $z_i$  nin yalnızca elektron-yabancı atom mesafesini etkilemediği aynı zamanda  $z$  doğrultusundaki dalga fonksiyonunu kaydırıldığı ve sistemin simetrisini bozduğu gözlemlendi. Antisimetrik parametre  $\beta$  ve hidrostatik basıncın artmasıyla dönüm noktalarının (DN) daha küçük kuyu genişliklerinde, sıcaklığın artmasıyla dönüm noktalarının (DN) daha büyük kuyu genişliklerinde olduğu görüldü.

**Kaynakça**

- AKBAS H, DANE C.,ERDOGAN I., AKANKAN O., Hydrogenic donor in asymmetric  $Al_xL Ga_{1-x}L As/GaAs/Al_xR Ga_{1-x}R As$  quantum wells, *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, no. 60, p. 196-199, 2014.
- DANE C., AKBAS H., GULEROGLU A., MİNEZ S., The effect of magnetic field in a GaAs/AlAs spherical quantum dot with a hydrogenic impurity, *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, no. 41, p. 605-608, 2009.
- DANE C., AKBAS H., MİNEZ S., GULEROĞLU A., Simultaneous effects of electric and magnetic fields in a GaAs/AlAs spherical quantum dot with a hydrogenic impurity, *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, no. 42, p. 1901-1904, 2010.
- DANE C. , AKBAS H. , GULEROĞLU A. , MİNEZ S. ; KASAPOĞLU K. , The hydrostatic pressure and electric field effects on the normalized binding energy of hydrogenic impurity in a GaAs/AlAs spherical quantum dot, *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, no. 44, p. 186-189, 2011
- ELABSY A.M., Temperature dependence of shallow donor states in GaAs- $Al_x Ga_{1-x} As$  compositional superlattice, *Physica Scripta*, no. 46, p. 473-475, 1992.
- ERDOGAN I., AKANKAN O., AKBAS H., Simultaneous effects of temperature, hydrostatic pressure and electric field on the self-polarization and electric field polarization in GaAs/Ga<sub>0.7</sub>Al<sub>0.3</sub>As spherical quantum dot with a donor impurity, *Superlattices and Microstructures*, no. 59, p. 13-20, 2013.
- JOHN PETER A., NAVANETHAKRISHNAN K., Effects of position-dependent effective mass and dielectric function of a hydrogenic donor in a quantum dot, *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, no. 40, p. 2747-2751, 2008.
- KARKI H.D., ELAGOZ S., BASER P., The high hydrostatic pressure effect on shallow donor binding energies in GaAs-(Ga, Al)As cylindrical quantum well wires at selected temperatures, *Physica B Condensed Matter*, no. 406(11), p. 2116-2120, 2011.
- KLAR P.J., GRÜNİNG H, HEİMBRODT W., Pressure and Temperature Dependent Studies of GaN<sub>x</sub>As<sub>1-x</sub>/GaAs Quantum Well Structures, *Phys.Status solidi B*, no. 223, p. 163, 2001.
- NICULESCU E.C., ESEANU N., Hydrostatic pressure and electric field effects on the normalized binding energy in asymmetrical quantum wells, *Eur. Phys. J. B*, no. 75, p. 247-251, 2010.
- REZAEI G., KISH S.S., Effects of external electric and magnetic fields, hydrostatic pressure and temperature on the binding energy of a hydrogenic impurity confined in a two-dimensional quantum dot, *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, no. 45, p. 56-60, 2012.
- YESILGUL U., SAKIROGLU S., KASAPOGLU E., SARI H., SOKMEN I., The effects of temperature and hydrostatic pressure on the photoionization cross-section and binding energy of impurities in quantum-well wires, *Superlattices and Microstructures*, no. 48, p. 106-113, 2010.
- ZHANG C., WANG Z., LIU Y., GUO K., Binding energy of shallow donor impurity in asymmetric quantum wells, *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, no. 43, p. 372-374, 2010.





## UZAK KIZILÖTESİ IŞIN YAYAN KUMAŞ VE İPLİKLER

Ismail YUCE\*

Trakya Üniversitesi, Edirne Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Edirne, Türkiye

**Özet** Uzak kızılötesi ışınım (FIR), 5,6-1000 mikron arasındaki dalga boylarını içeren ışınlar olarak adlandırılırlar. Bu ışınlar güneş ışınları, insan vücudu, metaller ve bazı mineraller tarafından saçılmaktadır. Uzak kızılötesi ışınların insan vücudu üzerinde olumlu etkileri olduğu belirtilmiş ve özellikle uzak doğu ülkeleri tarafından alternatif tıp alanında bu ışınlar değerlendirilmektedir. Bu makale derleme bir çalışma olup çalışmada amaçlanan, uzak kızılötesinin insan sağlığı üzerine faydalarını ve bu ışınları yayma özelliğine sahip iplik ve kumaşları incelemektir. Makalenin birinci kısmında uzak kızılötesi ışınlar tanıtarak, bunların insan sağlığı üzerine etkileri incelenmiş ve biyoseramikler hakkında bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde ise uzak kızılötesi özellik kazandırılmış iplik ve kumaşlar üzerinde durulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Uzak kızılötesi; biyoseramik; iplik; medikal tekstil

### FAR INFRARED RAY EMITTING FABRIC AND YARNS

**Abstract:** Far infrared radiation (FIR) is referred to as rays containing wavelengths between 5.6 and 1000 microns. These rays are emitted by sun rays, human body, metals and some minerals. Far infrared rays have been shown to have positive effects on the human body and especially these rays are used especially in the field of alternative medicine by far eastern countries. This article is a review study and the purpose of the study is to examine the benefits of far infrared on human health and the yarns and fabrics that have the ability to radiate these rays. In the first part of the article, far infrared rays are introduced, their effects on human health are examined and information about bioceramics is given. In the second chapter, focused on far-infrared irradiated yarns and fabrics.

**Keywords:** Far infrared ray; bioceramic; yarn; medical textile

### 1. GİRİŞ

Uzak kızılötesi ışınlar kızılötesi ışınların bir çeşididir. Kızılötesi (Kızılaltı, IR veya Infrared) ışınım, dalga boyu görünür ışıktan uzun, fakat terahertz ve mikrodalgalardan daha kısa olan elektromanyetik ışınımdır. Kızılötesi ışık, 710 nm - 1 mm arasındaki dalga boylarına sahip ışınları kapsar. Kızılötesi ışınım üç farklı bölgede incelenebilir. Bunlar: Yakın kızılötesi (NIR), orta kızılötesi (MIR) ve uzak kızılötesi (FIR) ışınımlardır. Güneş ışığının; %47'si kızılötesi, %46'sı görünür ışık ve %7'si morötesi ışınımdır (Kızılötesi, Erişim Tarihi: 29.12.2016; Palamutcu ve Dag, 2009; Yükseloğlu, 2016).

Uzak kızılötesi ışınım (FIR), 5,6-1000 mikron arasındaki dalga boylarını içeren ışınlar olarak adlandırılır ve insan gözü ile görülemezler. Mutlak sıfırın üzerinde her malzeme IR (kızılötesi) yayar. Oda

sıcaklığındaki bu materyaller, kayda değer spektrumun uzak kızılötesi alanında, genellikle 8-25 µm aralığındaki konsantrasyonda radyasyon yayarlar (Dyer, 2011).

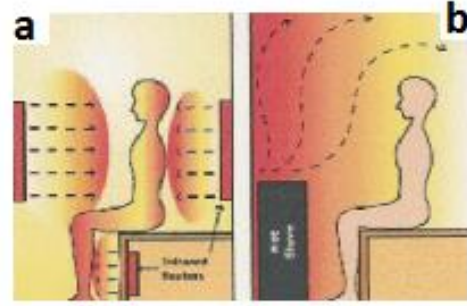
Bu çalışmada amaçlanan, uzak kızılötesi ışınlar hakkında genel bir bilgi vermek ve aynı zamanda uzak kızılötesi ışınların insan sağlığına faydalarını, biyoseramik ve bambu kömür tozlarının uzak kızılötesi yayılımını, bu ışınların ölçüm yöntemlerini incelemektir. Son bölümde ise uzak kızılötesi ışınların tekstil ürünlerine aplike yöntemlerinin incelenmesinin yanında uzak kızılötesi özellik kazandırılmış elyaf, iplik ve kumaşlar literatür bazında incelenmiştir.

## 2. UZAK KIZILÖTESİ IŞINLARIN İNSAN SAĞLIĞINA FAYDALARI

Uzak kızılötesi dalgaların canlı organizmalara olumlu etki ettiği çeşitli çalışmalarla kanıtlanmıştır (Honda ve Inoue 1988; Lin ve Ark., 2013; Hwang ve Ark., 2014). 4-14 µm dalga boyu aralığındaki FIR ışınları, hücre büyümesi için faydalı olarak kabul edilir ve bu dalga boyundaki radyasyon, bazı insanlar tarafından “hayat ışınları” olarak adlandırılır (Dyer, 2011).

FIR terapisinin sağlık yönünden aşağıdaki etkilerinden söz edilmiştir: Kandaki oksijen miktarını artırır, kas dokularını ve cildi gençleştirir, doku yenilenmesini ve hızlı iyileşmeyi sağlar, sinir sistemi fonksiyonunu geliştirir, cilt dokusunda lipitleri azaltır, metabolizmayı geliştirir, kan sirkülasyonunu artırır, oksijen dağıtımını ve yumuşak dokuya besini artırır, biriken toksinlerin atılmasına yardımcı olur, kasları rahatlatır ve uyku kalitesini artırır (Dyer, 2011; Lou ve Lin 2011).

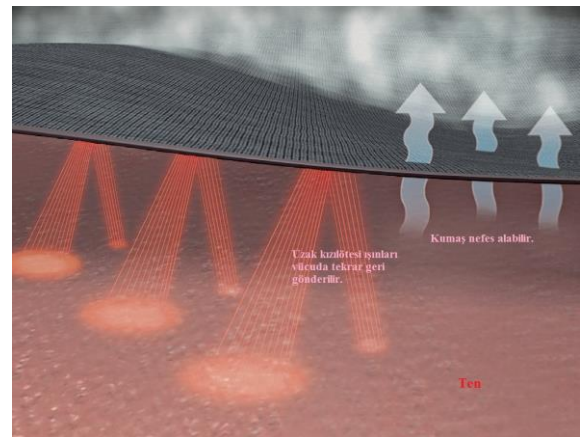
FIR ışınları modern saunalarda geleneksel ısıtma yerine uzak kızılötesi ışınım ile ısıtma sağlamaktadır. Bu saunalar, uzak kızılötesi ışınların tedavi edici özellikleri kullanılarak geliştirilmişlerdir. FIR özellikli saunalardan özellikle, konjestif kalp yetmezliği, hipertansiyon ve obezitenin tedavisinde faydalanılır (Beever, 2010). Bu ışınlar, geleneksel saunalar gibi deriyi ve solunum sistemini fazla ısıtmadan, daha konforlu bir sıcaklık sağlayarak vücudun derinlerine işler (Şekil 1). Bu da saunada daha keyifli, sıkıntısız ve bunalmadan vakit geçirebileceğiniz anlamına gelir (Dyer, 2011; Cobb, 2013; SunCare Sauna, Erişim tarihi: 27.12.2016).



**Şekil 1.** Kızılötesi ve klasik sauna. a) Kızılötesi sauna, vücudun ısıtılması kızılötesi ışınların direkt vücuda yönelmesi ile gerçekleşir. b) Klasik saunada her yer aynı oranda ısıtılır ve enerji gideri daha fazladır (Infrared saunas, Erişim Tarihi: 08.05.2017).

FIR uygulamaları özellikle Asya tıbbında gelişmiştir ve bu özellikleri içeren kumaşlar; sporcu giysilerinde, medikal tekstillerde, yatak kumaşı olarak, eldiven ve çorap v.b. tekstillerde kullanım alanı bulmaktadır.

İnsan teni 3-50 mikron aralığında uzak kızılötesi enerji yayılımı yapmaktadır. En fazla çıkış aralığı 9,4 mikron civarındadır. Örneğin insanın el ayası, 8-14 mikron aralığında bir salınım yapmaktadır. Uzak kızılötesi ışın yayma özelliği kazandırılmış bir tekstil ürününün çalışma prensibi, insan vücudunun yaydığı bu termal enerjiyi tekrar vücuda uzak kızılötesi (FIR) enerjisi olarak geri yansıtma prensibine dayanmaktadır. Burada kumaş bir nevi ayna görevi görerek absorbladığı enerjiyi insan vücuduna geri yansıtılmaktadır (Şekil 2) (Dyer, 2011; Energear, Erişim tarihi: 08.03.2016; Vathare, 2014).



**Şekil 2.** Uzak kızılötesi çalışma prensibi (Energear, Erişim tarihi: 08.03.2016).

### 3. UZAK KIZILÖTESİ IŞIN YAYAN BİYOSERAMİK VE BAMBU KÖMÜR TOZLARI

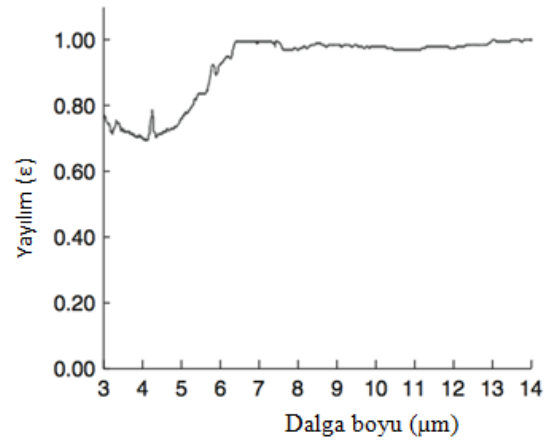
Ateşin keşfiyle birlikte seramiğin çanak ve çömleğe dönüştürülmesi, göçebe hayattan yerleşik tarımsal hayata geçişi hızlandırmıştır. Biyo-seramik ifadesi, biyolojik işlevselliğe sahip seramikler olarak tanımlanabilir. Biyoseramik malzemeler uzak kızılötesi ışınları yayabilirler (Dyer, 2011; Pasinli, 2004).

Biyoseramik tozlar, uzak kızılötesi ışınım yayabilen malzemelerden birisidir (Şekil 3). Özellikle 8-14 µm dalga boyu aralığındaki ışınları 0,9 ε üzerinde yayabilirler (Leung, 2015). Uzak kızılötesi özelliğın kazandırılması için tekstil yapısına katılabilen bazı biyoseramik tozlar aşağıdaki gibidir: Magnezyum oksit (MgO), zirkonyum dioksit (ZrO<sub>2</sub>), alüminyum oksit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), demir III oksit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), silisyum dioksit (SiO<sub>2</sub>), germanyum, titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>) bileşiklerinin yanında doğada bulunan yeşim taşı, apatit taşı, inci tozu, turmalin gibi minerallerde toz halinde tekstil yapılarına katılabilirler. Bu materyallerin vücut ısısını muhafaza ettiğine inanılmaktadır. Biyoseramik malzemeler FIR'ı eklemlerin derinine tekrar yayarlar ve bu sayede dokuların kan akışının artması sağlanır (Dyer, 2011; Wang ve Ark., 2011; Biocera, Erişim Tarihi: 07.01.2017; Lin ve Ark., 2015; Cobb, Erişim Tarihi: 27.12.2016).

Bambu, düşük enlemler tropik ve subtropikal bölgede yaygın olarak yetişir. Bambu kömür tozları bambu bitkisinin 800-1200 °C'de ki fırınlarda kömürleştirilmesi ile elde edilir ve bitki hasadı 5 yıldan sonra yapılmalıdır. Bambu kömür tozları insan vücudu tarafından hızla emilebilen uzak kızılötesi ışınlar üretir. İnsan vücudunun derinliklerine uzanan bu ışınlar, atom ve molekül titreşimlerini meydana getirerek vücudun iç sıcaklığını yükseltebilir. Aynı zamanda, kılcak damarların genişlemesi ve bunun

sonucunda kan dolaşımının hızlanması vücut ısısının korunmasını sağlar. Bambu kömür kozlarının aynı zamanda; güçlü absorpsiyon, koku giderme, nem çekme özelliklerine de sahiptirler (Bamboo charcoal, Erişim Tarihi: 08.01.2017; Lin ve Ark., 2015; Lin ve Ark., 2015).

Birçok çalışmada tekstil ürünlerinin uzak kızılötesi ışın yayması için bambu kömür tozları ile çalışılmıştır. Bu tozlar polimer matrikslerinin içine katılarak ekstrüderden farklı polimer içerikli lifler elde edilmiştir. Çalışmalarda bambu kömür tozlarının uzak kızılötesi ışın yayma oranını arttırdığı görülmüştür (Li ve Ark., 2010; Lin ve Ark., 2015; Lin ve Ark., 2014).



Şekil 3. 8-14 mikron aralığında uzak kızılötesi yayılım 0,9 ε üzerinde gelmiştir (Leung, 2015).

### 4. UZAK KIZILÖTESİ IŞINLARIN ÇALIŞMA PRENSİBİ VE ÖLÇÜM YÖNTEMİ

#### 4.1. Siyah Cisim Emisyonu

Isıya maruz kalan tüm nesnelere siyah cisim (black body) emisyonu adı verilen elektromanyetik dalga yayarlar. Oda sıcaklığında bu elektromanyetik dalga, kızıl ötesidir (dalga boyu: 0.77 ~ 1000 µm). Siyah cisim enerjisi aşağıdaki denklemde görüldüğü gibi mutlak sıcaklıkla orantılı olarak yayılır.

$$W = \sigma \cdot T^4 \quad (1)$$

Burada W: Emisyon Enerjisi, σ: Stefan-Boltzmann sabiti ve T: Mutlak sıcaklık (K).

Bu denklemin adı Stefan-Boltzmann Yasasıdır. Bu, bir cisim tarafından yayılan çeşitli dalga boylarındaki radyasyonun toplam enerjisini gösterir. Bir malzemenin yayılım (emissivite) faktörü, cismin emisyon verimliliğinin (ve emiliminin) bir ölçüsüdür ve aşağıdaki denklemle ifade edilir.

$$\varepsilon = \frac{\text{Gri bir cisim tarafından yayılan tüm radyasyon enerjisi}}{\text{Aynı sıcaklıkta bir siyah cisim tarafından yayılan tüm radyasyon enerjisi}} \quad (2)$$

Gri cismin yayılımı genelde 1'den düşüktür.

Uzak kızılötesi yayılım değeri, maddenin yüzey koşullarına, sıcaklığına ve cismin dalga boyuna bağlıdır. Siyah cisim emilimi 1 olarak kabul edilir. Diğer cisimlerinki  $0 < x < 1$  arası değerler içerir. Örneğin; İnsan teni: 0,99; ağaç, tahta, su, buz, don, yaprak: ~ 0,97; cam, beton, tuğla: 0,94; paslanmaz çelik: 0,74; Alüminyum: 0,18 gibi değerlerdedir (Emissivity Measure TSS-5X).

#### 4.2. Uzak Kızılötesi Işınlarda Ölçüm Yöntemi

Bir cismin uzak kızılötesi ışın yayılım değeri ( $\varepsilon$ ) bazı test cihazları ile ölçülebilir. Bu cihazlardan biri, Japon sensör kuruluşu tarafından piyasaya sunulan TSS-5X modelidir. Bu cihaz ile 10-45 °C ve %35-85 nem ortam şartlarında, 2-22  $\mu\text{m}$  aralığındaki uzak kızılötesi ışınımın miktarı ölçülebilmektedir. Bir diğer ölçüm cihazı ise Tayvan firmasının EMS-302M modelidir. Bu model tekstil ürünlerinin ölçümü için daha kullanışlıdır. Bunun sebebi de, cihazın ölçüm yaptığı sıcaklık değeri (34 °C) sabittir ve bu değer, insan teninin sıcaklık değerine en yakın değerdir. Ayrıca, 5-14  $\mu\text{m}$  dalga boyu aralığında ölçüm yapar ve bu değer aralığı insan vücudundan yayılan dalga boyuna en yakın değerdir. Bu nedenle, tekstil ürünlerinin FIR değeri ölçümünün, EMS-302M modeli ile daha uygun olacağı söylenebilir (Far Infrared Emissivity Analysis System, Erişim Tarihi: 03.01.2017).

### 5. UZAK KIZILÖTESİ IŞIN YAYAN TEKSTİLLER

Uzak kızılötesi özelliği tekstil ürününe iki farklı

şekilde kazandırılabilir. Birincisi, biyoseramik özellikli bir minerali veya doğadan elde edilen ve işlenen bir maddeyi (bambu kömürü) kumaşa aktararak (kaplama, laminasyon, baskı v.b.), ikinci metot ise uzak kızılötesi özelliğine sahip malzemeyi lif çekimi sırasında polimer matrislerine katmak üzere yapılır (Dyer, 2011; Hu ve Ark., 2015; Lin ve Ark., 2016; Li ve Ark., 2010; Wang ve Ark., 2011; Park ve Shin, 2011).

Uzak kızılötesi tekstilleri için Japonya uzak kızılötesi birliğin standart hazırlanmıştır (FTTS-FA-010). Bu standartın gerekliliği olarak, 3-14 mikron dalga boyu aralığındaki ışığın absorbe edilmesi ve tekrar geri yansıtılması esastır. Yansıtma değeri siyah cismin yansıtma değerine göre hesaplanır ve değer aralığı 0-1  $\varepsilon$  arasındadır. Standartta belirtildiğine göre, uzak kızılötesi ışın yayılım değeri 0.8  $\varepsilon$  ve üzeri olunca sağlık yönünden faydalı olduğu vurgulanmıştır (Specified Requirements of Far Infrared Textiles, Japan Far Infrared Textiles, 2004).

#### 5.1. Uzak Kızılötesi Özellik Kazandırılmış Elyaf ve İplikler

Elyaf ve ipliklere FIR özelliği genellikle, elyaf çekimi sırasında biyoseramik veya bambu kömür tozları gibi FIR yayabilen bir malzemenin polimer eriyiğine katılması şeklinde olmaktadır (Lou ve Lin, 2011; Lin ve Ark., 2015; Lin ve Ark., 2014; Shih ve Ark., 2015; Hsing ve Ark., 2015; Li ve Ark., 2016; Pooley ve Ark., 2016; Lin ve Ark., 2013). Bambu kömür tozları karbonlama işlemi ile üretildikleri için siyah renktedirler ve üretilen ipliklerde siyah renkte olmaktadır. Ancak; Li ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada, bambu kömür tozlarını titandioksit ile modifiye ederek beyaz renkte iplik elde edilmiştir (Li ve Ark., 2010).

FIR özellikli elyaflar, Celliant®, Emana®, Nilit® ticari adları ile piyasada satılmaktadır (Celliant, Erişim Tarihi: 22.01.2017; Emana, Erişim tarihi: 25.01.2017; Nilit, Erişim tarihi: 25.01.2017). Uzak

kızılötesi seramik tozlarının liflere çekim esnasında karıştırılmasının bazı sakıncaları olabilmektedir. Bu sakıncalardan biri, seramik tozlarının filament içindeki miktarı arttıkça elyafın mukavemetinde azalma olmasıdır. Diğer bir problem ise, bu tozların düzelerle zarar vermesi (aşındırması) ve düzeleri tıkaması şeklinde meydana gelebilmektedir. Bu nedenle toz konsantrasyonu %5'in üzerine çıkmamaktadır (Lin ve Ark., 2008).

Lin ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada (Lin ve Ark., 2016), nylon liflerine bambu kömür tozları katılarak elde edilmiş lifler polietilen teraftalat (PET) ve paslanmaz çelik ile karıştırılarak tekstil yüzeyi haline getirilmişlerdir. Çalışma sonucunda elde edilen yüzeyin uzak kızılötesi değerleri 0,85  $\epsilon$  üzerinde gelmiştir. Değerler 0,8  $\epsilon$  üzerinde olduğundan kumaşların sağlığa faydalı olacağı sonucuna varılmıştır.

Lin ve arkadaşlarının yaptıkları bir başka çalışmada (Lin ve Ark., 2014), %1,2 oranında bambu kömür tozları içeren polyester, paslanmaz çelik tel (40  $\mu\text{m}$ ) ve antibakteriyel nylon ile bükülerek hibrit iplik elde edilmiştir. Paslanmaz çelik tel çekirdek iplik olarak kullanılmış ve üzeri uzak kızılötesi özellikli polyester ve antimikrobiyel nylon ile sarılmıştır. Hibrit iplik atkı ipliği, multifilament PET ise çözgü ipliği olarak kullanılmış ve üç çeşit kumaş elde edilmiştir. Kumaşların farklılıkları hibrit ipliğin büküm sayısına (8, 11, 14 tur/cm) göre değişmektedir. Uzak kızılötesi test sonuçlarına göre ipliğin büküm sayısındaki artış uzak kızılötesi yayılımı doğru orantılı olarak artmıştır.

### 5.2. Uzak Kızılötesi Özellik Kazandırılmış Kumaşlar

Kumaşlara uzak kızılötesi yayma özelliği, biyoseramik tozu içeren bir reçine ile kazandırılabilir. Bunun için uzak kızılötesi seramik tozları kumaşa; laminasyon, kaplama, püskürtme, baskı veya apre prosesleri ile kazandırılabilir (Dyer, 2011; Lin ve Ark., 2008).

Uzak kızılötesi yayma özelliği kazandırılmış

kumaşların ticari olarak gittikçe artan potansiyelleri vardır. Uzak kızılötesi ışın yayma özellikli tişört, ayak bilek sargısı, çorap, eldiven, iç çamaşırı v.b. gibi birçok ürün piyasada mevcuttur (Promolife, Erişim Tarihi: 25.01.2017; Nikken, Erişim Tarihi: 26.01.2017). Nikken®, Energear® ve Gold Reflect'Line® piyasada bulunan bazı FIR özellikli kumaşların ticari isimleridir (Nikken, Erişim tarihi: 27.01.2017; Energear, Erişim Tarihi: 28.01.2017; HT Concept, Erişim Tarihi: 28.01.2017).

Lin ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada (Lin ve Ark., 2013), FIR özellikli nonwoven elde edilmiştir. Çalışmadaki nonwoven kumaşlarda 3 çeşit PET elyaf kullanılmıştır. Kullanılan elyaf çeşitlerinden biri, uzak kızılötesi yayma özelliklidir. Çalışma sonucunda, hibrit dokusuz yüzeyli kumaşların uzak kızılötesi yayılım değerlerinin 0.65 - 0.72  $\epsilon$  arasında olduğu gözlenmiştir. Bu değerler insan sağlığına faydalı olduğu belirtilen 0.8  $\epsilon$  değerinden daha düşük olduğu için FIR özelliği düşüktür. Bunun nedeni ise elyafın yalnızca %1.5 oranında uzak kızılötesi tozu içermesidir.

Conrado ve Munin'in yaptıkları bir çalışmada, seramik tozu katkılı sentetik liflerden örülmüş bir giysi kullanımının, kadınların vücut ölçülerinde değişime neden olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışma popülasyonu, aktif (22) ve plasebo (20) olmak üzere iki gruba ayrılmış, 20-60 yaş aralığında 42 gönüllü kadından oluşmuştur. Gönüllüler, seramik tozu emdirilmiş ve seramik tozu emdirilmemiş giysileri en az 8 saat / 30 gün boyunca kullanmışlardır. Deneysel veriler sonucunda, uzak kızılötesi özellikli giysiyi giyenlerde mikrosirkülasyon ve büyük kan dolaşımında bir artış olduğu gözlenmiş bu nedenle de vücut oranlarında (ölçülerinde) azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu sonuca dayanılarak, uzak kızılötesi biyoseramik katkılı giysilerin genel insan sağlığına faydalı olabileceği sonucu çıkarılmıştır (Conrado ve Munin, 2011).



Richelmi ve arkadaşları, FIR özellikli kumaştan elde edilmiş külotlu çorabın, selülit ve yerel adipozite kusurlarının kapatılmasında dermatolojik olarak faydalarını test etmişlerdir. Çalışmada, 18-60 yaşları arasında selülit ve lokal adipozite sorunu olan 40 kadın denek kullanılmıştır. Kadınların yarısı FIR özellikli külotlu çorabı giyerken, diğer yarısı aynı yapı ve görünüşü olan külotlu çorabı giymiştir. Test edilen ürünün numuneleri, denekler tarafından ard arda 56 gün boyunca günde 8 saat giyildi. Elde edilen sonuçlara göre, FIR özellikli külotlu çorabı giyen kullanıcıların selülit ve lokal adipozite kusurlarının görünümünde azalma olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca cildin; esnekliğini, pürüzsüzlüğünü ve sıklığını iyileştirdiği kanıtlanmıştır (Richelmi ve Ark.)

Shih ve arkadaşları uzak kızılötesi yayan nonwoven tekstil yüzeyi elde etmişlerdir. Çalışmada, uzak kızılötesi özellikli polyester (FF), düşük çekim oranlı polyester (LPET) ve bambu lifleri (BF) farklı oranlarda karıştırılarak 5 çeşit nonwoven yüzey elde edilmiştir. 60:10:30 ve 50:20:30 (FF, LPET, BF) oranlarında karıştırılmış kumaşların kızılötesi değerleri 0,8 ε üzerinde ölçülmüştür. Bu da insan sağlığına yararlı değerden yüksek olduğu için bu oranlar idealdir (Shih ve Ark., 2015).

## 6. SONUÇ

Kızılötesi ışınların insan sağlığına verdiği faydalar çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur. Bu ışınlar; yeni nesil saunalarda, terapatik etkilerinden faydalanmak için ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. İnsan vücudu da kızılötesi yayma özelliğine sahiptir ve bu özellikten faydalanılarak tekstil ürünleri geliştirilmiştir. FIR özelliği ürünlere elyaf çekimi sırasında veya kumaş kaplama şeklinde kazandırılabilir. Günümüzde uzak kızılötesi ürünlerin satışı (çorap, eldiven, medikal tekstiller v.b. gibi) önemli potansiyeller içermektedir ve gelecekte de bu ürünlerin üretim ve çeşitliliğinin artarak devam edeceği öngörülmektedir.

## Kaynakça

- Bamboo charcoal, [https://en.wikipedia.org/wiki/Bamboo\\_charcoal](https://en.wikipedia.org/wiki/Bamboo_charcoal), Erişim Tarihi: 08.01.2017.
- BEEVER R. (2010): Do Far-infrared Saunas Have Cardiovascular Benefits in People with Type 2 Diabetes? Canadian Journal of Diabetes. 34(2) 113-118.
- Biocera, <http://biocera.co.kr/far-infrared-ray-biocera-sb.html>, Erişim Tarihi: 07.01.2017.
- Celliant, <http://celliant.com/>, Erişim Tarihi: 22.01.2017.
- COBB D. Ancient wisdom inspires 'responsive' Far Infrared fibres. <http://www.innovationintextiles.com/ancient-wisdom-inspires-responsive-far-infrared-fibres/>, (Erişim Tarihi: 27.12.2016)
- CONRADO LA., MUNIN E. (2011): Reduction in body measurements after use of a garment made with synthetic fibers embedded with ceramic nanoparticles. J Cosmet Dermatol. 10(1):30 – 5.
- DYER J. (2011): Infrared functional textiles. 184-197. [Editörler: Pan N., Sun G. Functional textiles for improved performance, protection and health. Woodhead Publishing Ltd.]
- EMANA, <http://www.solvay.com/en/markets-and-products/featured-products/emana.html>, Erişim tarihi: 25.01.2017
- Emissivity Measure TSS-5X, Instruction Manual, Japan Sensor Corporation.
- ENERGEAR, [http://www.schoeller-textiles.com/uploads/media/energear\\_english.pdf](http://www.schoeller-textiles.com/uploads/media/energear_english.pdf). Erişim tarihi: 08.03.2016.
- ENERGEAR, <https://www.schoeller-textiles.com/en/technologies/energear>, Erişim Tarihi: 28.01.2017.
- Far Infrared Emissivity Analysis System, <http://hotek.en.taiwantrade.com/product/far-infrared-emissivity-analysis-system-559335.html>, Erişim Tarihi: 03.01.2017.
- HONDA K., INOUE S. (1988): Sleep-enhancing effects of far-infrared radiation in rats. International Journal of Biometeorology, 32: 92-94.
- HT Concept, <http://www.htconcept.com/index.php/gold-reflectline.html>, Erişim Tarihi: 28.01.2017.
- HSING YL., HSING WH., HSIEH CT., LIN JH., LOU CW. (2015): Composite Environmentally Protective Sandwich Insulation Material Design. The 13th Asian Textile Conference, 3 - 6, 763-766, Geelong.
- HU X., TIAN M., QU L., ZHU S., HAN G. (2015): Multifunctional cotton fabrics with graphene/polyurethane coatings with far-infrared emission, electrical conductivity, and ultraviolet blocking properties. Carbon. 95, 625-633.
- HWANG S., LEE DH., LEE IK., PARK YM., JO I. (2014): Far-infrared radiation inhibits proliferation, migration, and angiogenesis of human umbilical vein endothelial cells by suppressing secretory clusterin levels, Cancer Letters. 346, 74-83.
- Infrared Saunas, <https://infraredsauna.com/infrared-sauna->

detox/, Erişim Tarihi: 08.05.2017.

Kızılötesi,

<https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C4%B1z%C4%B1%C3%B6tesi>, Erişim Tarihi: 29.12.2016.

LI QS., XU MS., ZHOU GJ., WANG LQ. (2010): Preparation and characterization of white bamboo charcoal PET fiber. *Chinese Chemical Letters*, 21, 995–998.

LI TT., PAN YJ., HSIEH CT., LOU CW., CHUANG YC., HUANG YT., LIN JH. (2016): Comfort and Functional Properties of Far-Infrared/Anion-Releasing Warp-Knitted Elastic Composite Fabrics Using Bamboo Charcoal, Copper, and Phase Change Materials. *Applied Science*. 6 (3), 62.

LIN, YS., PAN, HC., LEE, CT., LEUNG, TK. (2008): Manufacturing method for a far infrared substrate. Patent Appl. 20080217163A1, Sept 11.

LIN CC., YANG WC., CHEN MC., LIU WS., YANG CY., LEE PC (2013): Effect of Far Infrared Therapy on Arteriovenous Fistula Maturation: An Open-Label Randomized Controlled Trial. *American Journal of Kidney Diseases*. 62, 2, 304-311.

LIN JH., LIN ZY., CHEN JM., HUANG CH., LOU CW (2013): Impact-Resistant Polypropylene/Short Glass Fiber Composites with Far-Infrared Emission : Manufacturing Technique and Property Evaluation. *Applied Mechanics and Materials*. 365-366, 1148-1151.

LIN JH., HSING YL., HSING WH., CHEN JM., LOU CW. (2013): Manufacturing Technique and Property Evaluation of RFPET/TPET Hybrid Nonwoven Fabric. *Applied Mechanics and Materials*. 365-366, 1165-1168.

LIN JH., YU ZC., ZHANG JF., LOU CW. (2014): Manufacturing Techniques and Functional Properties of the Bamboo Charcoal/ Antibacterial/ Stainless Steel Metal Composite Woven Fabric. *Advanced Materials Research*, 910, 238-241.

LIN JH., HUANG YT., LIN CM., LOU CW. (2014): Comfort and Function Evaluations of Warp-Knitted Fabrics. *Advanced Materials Research*, 910, 442-445.

LIN JH., HUANG YT., LI TT., LIN CM., LOU CW. (2015): Bamboo charcoal/phase change material/stainless steel ring-spun complex yarn and its far-infrared/ anion-releasing elastic warp-knitted fabric: Fabrication and functional evaluation. *Journal of Industrial Textiles*. 46, 2, 624-642.

LIN JH., HUANG CL., LIN ZI., LOU CW. (2015): Far-infrared emissive polypropylene/wood flour wood plastic composites: Manufacturing technique and property evaluations. *Journal of Composite Materials*. 26, 2099–2109.

LIN JH., CHEN AP., HSIEH CT., LIN CW., LIN CM., LOY CW. (2015): Physical properties of the functional bamboo charcoal/stainless steel core-sheath yarns and knitted fabrics. *Textile Research Journal*. 81(6) 567–573.

LIN JH., HUANG YT., LI TT., LIN CM., LOU CW. (2016): Manufacture technique and performance evaluation of electromagnetic-shielding/far-infrared elastic warp-knitted composite fabrics. *The Journal of The Textile Institute*. 107, 4, 493–503.

LOU CW., LIN JH. (2011): Evaluation of Bamboo Charcoal/Stainless Steel/TPU Composite Woven Fabrics. *Fibers and Polymers*. 12, 4, 514-520.

Nikken, [http://nettrax.myvoffice.com/nikkenusa/ShoppingCart/Shop.cfm?CurrPage=CategoryDetail&NextPage=CategoryDetail&CategoryID=517&lng=eng&shiptocountry=USA&pwd=&\\_ga=1.195123887.2015628813.1486042153](http://nettrax.myvoffice.com/nikkenusa/ShoppingCart/Shop.cfm?CurrPage=CategoryDetail&NextPage=CategoryDetail&CategoryID=517&lng=eng&shiptocountry=USA&pwd=&_ga=1.195123887.2015628813.1486042153), Erişim Tarihi: 26.01.2017.

Nikken,

[http://www.nikken.com/product/technology?hash=far\\_infrared#far\\_infrared](http://www.nikken.com/product/technology?hash=far_infrared#far_infrared), Erişim Tarihi: 27.01.2017.

Nilit, <http://www.nilit.com/fibers/>, Erişim Tarihi: 25.01.2017.

PALAMUTCU S., DAG N. (2009): Fonksiyonel Tekstiller I : Elektromanyetik Kalkanlama Amaçlı Tekstil Yüzeyleri. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt: 3, No: 1, 87-101.

PARK YM., SHIN JW. (2011): Surface Properties Studies of MPCMs Containing Fabrics for Thermo-regulating Textiles. *Fibers and Polymers*, 12, 3, 384-389.

PASINLI A. (2004): Biyomedikal Uygulamalarda Kullanılan Biyomalzemeler. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*. (4) 25-34.

POOLEY MA., ANDERSON DM., BECKHAM HW., BRENNAN JF. (2016): Engineered emissivity of textile fabrics by the inclusion of ceramic particles. *Optics Express*.

Promolife, <http://www.promolife.com/far-infrared/far-infrared-clothing/>, Erişim Tarihi: 25.01.2017.

RICHELMI P., BIANCHI FM., ANGELINETTA C. Evaluation of the cosmetic effect of a pantyhose which helps to reduce imperfections caused by cellulite and local adiposities. The evaluation was carried out through a clinical test. *Bio Basic Europe, Italy*.

SHIH YH., LIN JH., HSIEH CT., LIN CW., LOU CW. (2015): Far-Infrared Nonwoven Fabrics Made of Various Ratios of Bamboo Fiber to Far-Infrared Fiber: Far-Infrared Emissivity and Mechanical Property Evaluations, The 13th Asian Textile Conference, 3 – 6, 830-834, Geelong.

Specified Requirements of Far Infrared Textiles, Document No. FTTS-FA-010, Publish Date: Aug/03/2004, Japan Far Infrared Association.

SunCare Sauna,

<http://www.suncaresauna.com/Web/Icerik.aspx?IcerikID=1243>, Erişim Tarihi: 27.12.2016.

VATHARE A. (2014): Far-infrared Rays Reflecting Fabrics for Improving the Performance of Human body. D. K. T. E. Society's Textile & Engineering Institute, Department of Textiles, Ichalkaranji.

WANG S., ZHANG Y., LIU H. (2011): “Wear Comfort Evaluation of Pearl-Cellulose Fabrics” *Advanced Materials Research Vols. 175-176*, 480-484.

YÜKSELOĞLU M., CANOĞLU S., YÜCE İ. (2016): Uzak Kızılötesi Radyasyon (FIR) Yayan Kumaş Dizaynı. VIII. Uluslararası AR-GE Proje Pazarı, 569-570.

