T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİLENEBİLİR FOTOVOLTAİK ENERJİ ÜRETİMİNDE KULLANILAN NANO MALZEMELERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

GÖZE GÖKÇE ARIKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FİZİK ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Prof. Dr. SEYFETTİN DALGIÇ

EDİRNE-2019

Göze Gökçe ARIKAN'ın hazırladığı "Yenilenebilir Fotovoltaik Enerji Üretiminde Kullanılan Nano Malzemelerin Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Katı hal Fiziği Anabilim Dalında bir Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri — İmza

Prof. Dr. Seyfettin DALGIÇ

Prof. Dr. Şaban AKTAŞ

Doç. Dr. Hüseyin Birtan KAVANOZ

Tez Savunma Tarihi: 30/07/2017

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Prof. Dr. Seyfettin DALGIÇ
Tez Danışmanı

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof.Dr. Murat YURTCAN
Enstitü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

30 07 2019

Göze Gökçe ARIKAN



Yüksek Lisans Tezi

Yenilenebilir Fotovoltaik Enerji Üretiminde Kullanılan Nano Malzemelerin Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

ÖZET

Bugün halen birçok ülkede enerji için ağırlıklı olarak kömür, petrol, doğalgaz kullanılmaktadır. Bu kaynakların sınırlı olması gelecekte bir gün bitmesi anlamına gelir. Fosil yakıtlar denilen bu kaynaklar yenilenebilir değildirler. Yenilenebilir enerji, genellikle herhangi bir üretim işlemine ihtiyaç duymadan çoğunlukla toprak üstünde sağlanabilen ve sürekli yenileyebilen enerji kaynakları olarak tanımlanır. Son yıllarda, yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve kullanımı önemli bir hal almıştır. Bu enerjide kullanılan malzemelerin nanomalzemelerden seçilmesi faydalı olacaktır. Bundan dolayı bu tezde, Bu tezde cisim merkezli kübik(BCC), yüzey merkezli kübik(FCC), hekzogonal kapalı paket(HCP) ve açık grup(open) 4 farklı yapıya sahip nanomalzemeler seçildi. Bu malzemeler için termal iletkenlik ve termal genleşme hesaplamaları yapılmıştır. Yoğun bilgisayar kullanımı ile yapılan hesaplamalar ve sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Elde edilen hesaplamalarda, seçilen parametrelerin etkisi araştırılmış ve yenilenebilir enerjide kullanılacak nanomalzemeler tartışılmıştır.

Yıl : 2019

Sayfa Sayısı : 90

Anahtar Kelimeler : Yenilenebilir Enerji, Fotovoltaik Malzemeler, Nano Malzemeler, Termal İletkenlik, Termal Genleşme

Master Thesis

Investigation of Physical Properties of Nano Materials Used in Renewable Photovoltaic Energy Production

Trakya University Institute of Natural Sciences

Department of Physics

ABSTRACT

Today, coal, oil and natural gas are used for energy in many countries. The limited availability of these resources means that one day will end in the future. These sources, called fossil fuels, are not renewable. Renewable energy is generally defined as energy sources that can be provided on land and can be renewed continuously without the need for any production process. In recent years, the development and use of renewable energy sources has become important. It will be useful to select the materials used in this energy from nanomaterials. Therefore, in this thesis, nanomaterials with 4 different structures were selected, body centered cubic (BCC), surface centered cubic (FCC), hexogonal closed package (HCP) and open group. Thermal conductivity and thermal expansion calculations were made for these materials. The calculations were made with intensive computer use and the results were given comparatively. Computations and results with intensive computer use have given comparatively. In the obtained calculations, the effect of the selected parameters has investigated and the nanomaterials to be used in renewable energy have discussed.

Year : 2019

Number of Pages : 90

Keywords : Renewable Energy, Photovoltaic Materials, Nano Materials, Thermal Conductivity, Thermal Expansion

ÖNSÖZ

Bu bilimsel çalışmanın çok değerli zamanını benim ile ayırıp büyük bir sabır, çapa ve ilgiyle tüm bilgilerini benim ile paylaşan, tüm sorularıma cevap alabildiğim, sorunlarımda kendisine ne zaman danışsam çözümleri yol göstermesi ve çok değerli bilgilerini benimle paylaşarak iş hayatında bana ışık olan danışman hocam Prof. Dr. Seyfettin DALGIÇ'a teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum. Tez yazım zamanımda benim ile beraber değerli zamanını ayıran, sürekli beni motive eden ve başarılı olacağımı sürekli vurgulan çok kıymetli eşim Serdar Ali ARIKAN' sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca bu bilimsel çalışmada değerli zamanını değerlendireceği için, 4 yıllık üniversite hayatımın ve akabinde yüksek lisans sürecinde bana kattığı her bilgi için Prof. Dr. Serap DALGIÇ teşekkürü borç bilirim.

da bana 4 yıllık üniversite hayatım boyunca kazandırdıkları her değerli bilgileri iş hayatında çözüme götürdüğü için hepsine teşekkürlerimi sunuyorum. Bu çalışmamda desteğini, inancını ve güvenini esirgemeyen, beni bu günlere sevgi, saygı, hoşgörü ve sabırla ile yetiştiren hayattaki en büyük şansım aileme sonsuz teşekkür ederim.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

GHG	: Kyoto Protokolü sera gazı
PV	: Fotovoltaik
AC	: Alternatif Akım
DC	: Doğru Akım
CZ	: Czokralski
GaAs	: Galyum Arsenik
CdTe	: Kadmiyum Tellür
CNT	: Karbon nanotüpler
BCC	: Cisim merkezli kübik
FCC	: Yüzey merkezli kübik
HCP	: Hekzogonal kapalı paket

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv
ABSTRACT v
ÇİZELGELER x
ŞEKİLLER xi
BÖLÜM 1 1
GİRİŞ 1
BÖLÜM 2 5
FOTOVOLTAİK MALZEMELER 5
2.1. Giriş 5
2.2. Fotovoltaik Enerji Sistemleri 5
2.3. Fotovoltaik ve Fotovoltaik Hücreler 6
2.4. Fotovoltaik Nesiller 8
2.4.1. Birinci Nesil: Kristal Silikon 8
a) Tek- Kristal Silikon 8
b) Polikristal Silikon 9
c) Galyum Arsenit (GaAs) 10
2.4.2. İkinci Nesil: İnce Film 10
a) Amorf Silikon (a-Si) 11
b) Kadmiyum Tellür (CdTe) 12
2.4.3. Üçüncü Nesil: PV Teknolojisi 12
a) Fotovoltaik Teknolojinin Yoğunlaştırılması 13
b) Konsantre PV Sisteminin Soğutulması 14
c) Organik Güneş Hücreleri 14
d) Boya duyarlı güneş hücreleri 16
BÖLÜM 3 17
YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI 17

3.1. Giriş 17
3.2. Solar Fotovoltaik Hücrenin Temel Çalışması 19
3.3. Işık Spektrumu 20
3.4. Güneş Akısına Tepki ve Etkileyen Faktörler 20
3.5. Rüzgar Enerjisi 25
3.6. Güneş Fotovoltaik ve Güneş Termal Teknolojileri 27
3.6.1. Güneş Fotovoltaikleri 28
3.6.2. Güneş Termal Sistemleri 29
3.7. Hidroelektrik 30
3.7.1. Kapasite ve Potansiyel 31
3.7.2. Küçük Hidro 31
3.7.3. Çevresel ve Sosyal Etkiler 32
3.8. Jeotermal Enerji 33
3.8.1. Kapasite ve Potansiyel 34
3.8.2. Çevresel Etkiler 34
3.9. Sonuçlar 35
BÖLÜM 4 37
NANOPARÇACIKLARIN BOYUT, ŞEKİL VE SICAKLIK ETKİLERİ 37
4.1 Giriş 37
4.2 Nanomalzemelerde Termal İletkenlik 40
4.3 Nanomalzemelerde Termal Genleşme 44
BÖLÜM 5 49
SONUÇLAR VE TARTIŞMA 49
5.1 Giriş 49
5.2. Nanomalzemelerde Termal İletkenlik Hesaplamaları 50
5.3. Nanomalzemelerde Hacim Oranlarının Sıcaklığa Bağlı Hesaplamaları 63
5.4. Sonuçlar 73
KAYNAKLAR 74
ÖZGEÇMİŞ 78

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Yenilebilir ve Geleneksel Enerji Karşılaştırması 3
Çizelge 5.1 BCC yapısındaki nano malzemelerin giriş parametreleri 50
Çizelge 5.2 FCC yapısındaki nano malzemelerin giriş parametreleri 53
Çizelge 5.3 HCP yapısındaki nano malzemelerin giriş parametreleri 56
Çizelge 5.4 Açık grup yapısındaki nano malzemelerin giriş parametreleri 59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Fotovoltaik pilin yapısı 1 7
Şekil 2.2. Monokristal hücre 9
Şekil 2.3 Polikristal hücre ve modül 10
Şekil 2.4. Amorf Silikon Güneş Hücresi 11
Şekil 2.5. CdTe Güneş Hücresi 12
Şekil 2.6. PV konsantratörü Fresnel lens şeması 13
Şekil 2.7. Organik PV yapısı 15
Şekil 2.8. Organik PV örneği 15
Şekil 3.1 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Şematik Gösterimi 19
Şekil 3.2. Solar PV hücrenin temel çalışması 20
Şekil 3.3. Işık ve Enerji Spektrumu 20
Şekil 3.4. Biyokütle ve biyoenerji akış şeması. 22
Şekil 3.5. Biyokütle kaynakları 24
Şekil 3.6. Rüzgar Türbini Yapısı 26
Şekil 3.7. Güneş Enerjisi Şematik Gösterimi 28
Şekil 3.8. Hidroelektrik Santral 30
Şekil 3.9. Jeotermal Elektrik Santrali Çalışma Prensibi 33
Şekil 5.1 BCC yapıdaki Li, Na, Cr ve Fe için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik değişimleri 51
Şekil 5.2 BCC yapıdaki Li, Na, Cr ve Fe için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik karşılaştırması 52
Şekil 5.3 FCC yapıdaki Al, Ca, Au ve Ag için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik değişimleri 54
Şekil 5.4 FCC yapıdaki Al, Ca, Au ve Ag için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik karşılaştırması 55

Şekil 5.5 HCP yapıdaki Mg, Co, ve Cd için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik değişimleri..... 57
Şekil 5.6 HCP yapıdaki Mg, Co, ve Cd' ün (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik karşılaştırması 58
Şekil 5.7a Açık grup yapıdaki B, C ve Se için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik değişimleri..... 60
Şekil 5.7b Açık grup yapıdaki Si, Ge ve Te için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik değişimleri..... 61
Şekil 5.8 Açık grup yapıdaki B, C, Se, Si, Ge ve Te için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik karşılaştırması..... 62
Şekil 5.9 BCC yapıdaki Li, Na, Cr ve Fe için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm)V / V0 sıcaklığına bağlı değişimleri 64
Şekil 5.10 BCC yapıdaki Li, Na, Cr ve Fe için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) V / V0 sıcaklığına bağlı karşılaştırması 65
Şekil 5.11 FCC yapıdaki Al, Ca, Ag ve Au için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm)V / V0 sıcaklığına bağlı değişimleri 66
Şekil 5.12 FCC yapıdaki Al, Ca, Ag ve Au için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm)V / V0 sıcaklığına bağlı karşılaştırması 67
Şekil 5.13 HCP yapıdaki Mg, Co ve Cd için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) V / V0 sıcaklığına bağlı değişimleri 68
Şekil 5.14 HCP yapıdaki Mg, Co ve Cd için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) V / V0 sıcaklığına bağlı karşılaştırması 69
Şekil 5.15a Açık grup yapıdaki B, C ve Se için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) V / V0 sıcaklığına bağlı değişimleri 70
Şekil 5.15b Açık grup yapıdaki Si, Ge ve Te için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) V / V0 sıcaklığına bağlı değişimleri 71
Şekil 5.16 Açık grup yapıdaki B, C, Se, Si, Ge ve Te için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) V / V0 sıcaklığına bağlı karşılaştırması 72

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Enerji hayatımızın temel unsurları arasındadır. Doğa, insanoğlunun gönüllü olarak zarar görmesi nedeniyle günlük yaşamımızda kullandığımız enerjiyi üretilir. Geçmişten günümüze enerji ve sürdürülebilir enerji kaynakları kavramı dünyadaki önemli konulardan biridir. Hızla enerji kaynaklarının tükenmesi ve kaçınılmaz bir şekilde petrol, kömür ve atom enerjisi gibi yenilenemeyen kaynakların tüketimi ve bu kaynakların tümünün çevre ve atmosfer üzerindeki etkileri insanların yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmasına yol açmaktadır (Külekçi 2009).

Günümüzde gelişmiş ülkelerde enerji kaynakları olarak kömür, petrol, doğalgaz kullanılmaktadır. Fosil yakıtlar olarak adlandırılan bu kaynaklar yenilenebilir değildirler. Bu kaynakların sınırlı olması gelecekte bir gün bitmesi anlamına gelir. Ayrıca bunların rezervleri azaldıkça maliyetleri de artacaktır. Her geçen gün bu kaynakların üretilmesi çevreye ve kullananlara daha fazla zarar verecektir. Yenilenebilir enerji üretimi ve tüketimi sırasında daha az olan doğaya zararlı çevreye zarar vermez. Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de yeşil enerjiye olan eğilim arttı ve bunun sonucu olarak özel sektör ve kamu kurumları desteklendi.

Yenilenebilir enerji, genellikle herhangi bir üretim işlemine ihtiyaç duymadan çoğunlukla toprak üstünde sağlanabilen ve fosil kaynaklardan gelmeyen ve geleneksel enerji kaynaklarının aksine çevreye daha az zarar veren ve sürekli yenileyebilen ve dünyada bulunan enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle, doğal dönemlerde mevcut olan enerji akışından kazanılan bir enerji türü yenilenebilir enerjidir. Geleneksel enerji kaynaklarının aksine, yenilenebilir kaynaklar birçok çevresel kazanç sağlar (Adıyaman 2012).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli, ilke olarak dünyanın enerji ihtiyacının birçok kez karşılayabileceği kadar büyüktür. Rüzgar, biyokütle, jeotermal, hidroelektrik ve güneş vb. yenilenebilir enerji kaynakları, sürekli olarak kullanılabilir. Yenilenebilir enerjiye dayalı enerji sistemlerine geçiş, enerji maliyetlerini düşürmüştür. Petrol ve gaz fiyatlarının dalgalanmaya devam etmesi, yenilebilir enerjiye ihyacın giderek daha fazla olduğu gözlenmektedir. Son yarım asırda güneş ve rüzgar enerjisi sistemlerinde hızlı satış büyümesi, sermaye maliyetlerinin ve üretilen elektriğin maliyetlerinin düşmesine neden oldu ve bu enerjinin performans özelliklerini geliştirmeye devam etti (Herzog, Kammen, Lipman, 2018).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve kullanımı, enerji tedarik pazarlarındaki payı artırabilir, uzun süreli sürdürülebilir enerji kaynaklarının sağlanmasına katkıda bulunur, yerel ve küresel atmosfer emisyonlarını azaltmaya yardımcı olur ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde, belirli enerji ihtiyaçlarını karşılamak için ticari açıdan maddi destek seçenekler sunar. Kırsal bölgeler yeni iş imkanlarına yaratmaya yardım olur.

Petrol, kömür ve doğal gaza dayanan geleneksel enerji kaynaklarının, ekonomik ilerlemenin son derece etkili itici güçleri olduğu, ayrıca çevre ve insan sağlığına zarar verdiği ispat edilmiştir. Ayrıca, imalat ve dağıtımda ligopolinin etkileri nedeniyle, doğada döngüsel olma eğilimindedirler. Bu geleneksel fosil yakıt temelli enerji kaynakları, Kyoto Protokolü sera gazı (GHG) azaltma hedefleri olan kömür kullanımının karşı karşıya kalmasıyla ilgili en ciddi zorluklarla birlikte, bir dizi çevresel cephede artan baskıyla karşı karşıyadır. Artık atmosferdeki CO2 seviyesini 550 ppm'nin altında tutmaya yönelik her türlü çabanın, temel olarak petrol ve kömürle çalışan küresel ekonomiye dayanarak, radikal karbon tecrit çabalarını engellemeye çalıştığı açıktır (Herzog, Kammen, Lipman, 2018).

Nitekim fosil yakıt ve yenilenebilir enerji fiyatları, sosyal ve çevresel maliyetler karşıt yönlere doğru gidiyor. Ayrıca, yenilenebilir enerji sistemleri için yaygın yayılımı ve sürdürülebilir pazarları desteklemek için gereken ekonomik ve politik mekanizmalar da hızla gelişmiştir. Enerji sektöründeki gelecekteki büyümenin esas olarak yenilenebilir yeni rejimde ve bir dereceye kadar doğal gaz tabanlı sistemlerde ve geleneksel petrol ve kömür kaynaklarında değil olduğu açıktır. Finansal piyasalar yenilenebilir enerji ve diğer yeni enerji

teknolojilerinin gelecekteki büyüme potansiyeline uyandırıyor ve bu gerçekten rekabetçi yenilenebilir enerji sistemlerinin ekonomik gerçekliğinin muhtemel bir habercisidir.

Bu sistemler, bazı durumlarda çevresel hava kirliliği, asit yağmuru ve küresel iklim değişikliğine ciddi katkılar sağlayan daha büyük, daha merkezi etkiler yerine, yaygın olarak dağınık çevresel etkilerin yanı sıra önemli ölçüde azalmış olabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları, şu anda dünyanın toplam enerji talebinin yüzde 15 ila yüzde 20'si arasında bir yer sağlıyor. Yeni yenilenebilir enerji kaynakları (güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, modern biyo-enerji, jeotermal enerji ve küçük hidroelektrik) şu anda yüzde iki oranında katkıda bulunuyor. Yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel enerji kaynaklarına olan potansiyel katkısını araştıran bir dizi senaryo çalışması, 21. yüzyılın ikinci yarısında katkılarının doğru politikalar ile yüzde 20'den yüzde 50'ye çıkabileceğini göstermektedir (Herzog, Kammen, Lipman, 2018).

Yenilenebilir enerji ile geleneksel enerjiyi maddeler halinde karşılaştırmak faydalı olur.

Çizelge 1.1. Yenilebilir ve Geleneksel Enerji Karşılaştırması

No	Yenilenebilir Enerji	Geleneksel Enerji
1	Çevreye ve insan sağlığına zararı yok denecek kadar azdır.	Çevreye ve insan sağlığına oldukça zarar verdiği kanıtlanmıştır.
2	Ekonomik olarak kolay ve ucuza elde edilir.	Ekonomik ilerlemenin son derece etkili itici gücüdür ve pahalıdır.
3	Karbondioksit emisyonunu azaltır ve çevreyi korumaya yardımcı olur.	Karbondioksit emisyonunu artırır. Çevreyi korumaya yardımcı olmaz.
4	Yerli bir kaynak olması dışa bağımlılığı azaltır ve istihdamı arttırmaya katkıda bulunur.	Dışa bağımlılık fazladır ve istihdamı arttırmaya katkıda bulunmaz.
5	Sürekli ve sürdürülebilir kaynaklıdır. Enerji kaynağı olarak büyük önem taşır.	Sürekliliği yoktur ve belli bir zaman içinde kaynağın azalarak bitmesi söz konusudur.

Sonuç olarak, yenilenebilir enerji vaadinin artık bir gerçeklik haline geldiğini düşünüyoruz. Hem güneş fotovoltaikleri hem de rüzgar enerjisi, hızlı satış büyümesi, azalan sermaye maliyetleri ve üretilen elektrik maliyetleri ile sürekli performans artışları yaşıyor. Bu gelişmelerden ötürü, günümüzde hem devletin hem de halkın duygularına ek olarak, piyasadaki yeniliklerden ve gelişmekte olan piyasalardan faydalanabilme fırsatına sahiptir. Bu kaynakların geliştirilmesi ve kullanılması, gelişmekte olan ülkelerin kırsal bölgelerde yeni istihdam fırsatları yaratarak enerji tedarik pazarlarındaki çeşitliliği artırabilir. Uzun vadeli sürdürülebilir enerji kaynaklarının sağlanmasına katkıda bulunabilir. Yerel ve küresel atmosfer emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlar. Özellikle enerji hizmetlerinde özel ihtiyaçları karşılamak için ticari olarak cazip seçenekler sunar.

Bu tez aşağıdaki şekilde planlanmıştır. 1. Bölümde geleneksel enerji ile yenilenebilir enerji karşılaştırılması yapılarak giriş bölümü oluşturuldu. Bölüm 2'de fotovoltaik malzemeler hakkında geniş bilgiler verildi. Bunların yenilenebilir enerjideki önemi vurgulandı. 3. Bölümde yenilenebilir enerji kaynakları ele alındı. Bunların çevresel faydaları, enerji verimlilikleri ve temiz enerji kullanımları üzerinde duruldu. Tezin orijinal kısmı olan 4. Bölümde, nanoparçacıkların boyut, şekil ve sıcaklık etkileri verildi. Bu konuda yapılan literatür çalışmalarından örnekler sunuldu. Nanomalzemelerin termal iletkenlik ve termal genleşmenin teorik hesapları ele alındı. Son Bölümde ise yoğun bilgisayar hesaplamalarla nanomalzemelerin termal iletkenlik ve termal genleşme hesaplamaları yapıldı. Elde edilen sonuçlar, tablolar ve grafikler halinde sunularak tezin yorumu sunuldu.

BÖLÜM 2

FOTOVOLTAİK MALZEMELER

2.1. Giriş

Fotovoltaik (PV) ışığını direkt olarak elektriğe dönüştürmek için kullanılan teknoloji içerir. Bu terimde "foto" ışık ve "volta" elektrik anlamına gelir. "Güneş pili" olarak da bilinen bir PV hücre, üzerine ışık düştüğünde elektrik üreten bir yarı iletken cihazdır.

Fotovoltaik etki Fransız bilim adamı Edmund Becquerel tarafından 1839 yılında gözlenmiş olmasına rağmen, tam olarak anlaşılmış değildir. 1900'lerin ortalarına kadar ışık ve katıhal fiziği, kuantum teorisinin gelişimine ile anlaşılabilir. PV nin ilk ticarı kullanımı, 1950'lerde ABD uzay programlarının yörünge uydularında oldu. Bundan sonra fotovoltaik modüllerde önemli ilerlemeler kaydettiği bilinmektedir.

Bugün en çok kullanım PV hücreler silikon tabanlı olsa da, diğer yarı iletken malzemelerden yapılmış hücreler, performans ve maliyet olarak silikon PV hücreleri aşmakta ve PV pazarında canlı rakipler haline gelmesi bekleniyor. Silikon ve non-silikon bazlı malzemeler dahil PV hücre malzemelerinin başlıca türleridir.

2.2. Fotovoltaik Enerji Sistemleri

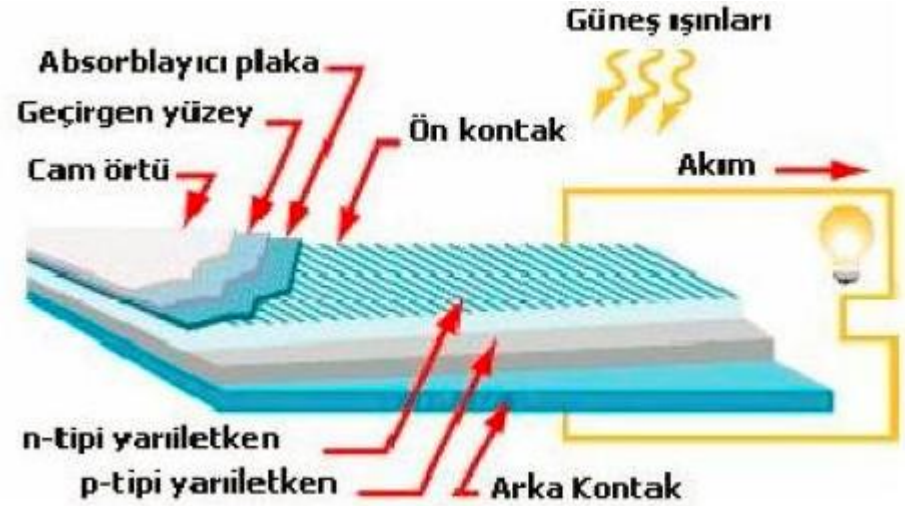
PV enerji sistemi genellikle bir modül ya da dizi içerir ve yüklemek için gereken yapısal donanım vardır.. Genellikle küçük bir yükleme için güneşin parlıyor olması ya da yapay ışığa maruz kalması durumunda en basit PV sistemleri DC elektrik üretir. Daha karmaşık sistemler, PV tarafından üretilen alternatif akımı (AC) doğru akıma (DC)

dönüştüren bir güç çevirici içerir. Bu durumda geceleri veya güneşin olmadığı zamanlarda enerji depolamak için piller kullanılır. Burada PV sistemlerinin faydaları sıralanırsa;

- ✓ Taşınabilirlik: PV sistemler birçok türde kolayca taşınabilir.
- ✓ Güvenilirlik: Bunlar uzun süren faaliyet dönemleri ile az bakım gerektirir.
- ✓ Düşük işletme maliyetleri: Yakıt ücretsiz ve orada hiçbir (ya da birkaç) hareketli parçalar bulunur.
- ✓ Düşük çevre etkisi: Onlar sessiz ve kirletici (hiçbir sera gazı emisyonları) özellikleri yoktur.
- ✓ Yalnız durma(Stand-alone) yeteneği: Güç hatlarından çok uzak bölgelerde faaliyet.
- ✓ Modülerlik: Güç çıkışı daha fazla modüller eklenerek artırılabilir.
- ✓ Emniyet: Yanıcı değildir ve Ulusal Elektrik Kodu karşılamak gereksinimleri vardır.
- ✓ Çok yönlülük: Onlar hemen her iklimde iyi çalışır
- ✓ Kısa teslim süresi: Hazır ambalajlı PV sistemleri mevcuttur ve yararlı değerlendirmeler gerekli değildir.
- ✓ Kurulum kolaylığı: Ağır iş makineleri kullanımı gerektirmez.

2.3. Fotovoltaik ve Fotovoltaik Hücreler

Güneş ışığı bir PV hücresine çarptığı zaman, emilen güneş ışığı fotonlar hücrenin atomlardan elektron çıkarmaktadır. Daha sonra oluşan serbest elektronlar hücreye doğru hareket eder ve hücredeki deşiklere dolar. Elektron ve deliklerin bu hareketi elektrik üretir. Bir PV hücre, güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştüren fiziksel süreç fotovoltaik etki olarak bilinir. Şekil 2.1'de fotovoltaik pilin yapısı şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Fotovoltaik pilin yapısı 1

Tek PV hücre 2 watt, gücünde olup cep hesap makineleri veya kol saatlerinde kullanılmak üzere üretir. Güç çıkışını arttırmak için, daha çok sayıda PV hücreleri, diziler olarak adlandırılan daha büyük birimler halinde monte edilen PV modüllerini oluşturmak üzere birbirine bağlanır. PV nin bu modüler yapısı, farklı türleri için farklı güç çıkışı uygulamaları ile PV sistemleri kurmak için tasarımcılar tarafından sağlanır. PV sistemlerinin en yaygın türü olarak yassı sistemleri güneş ışığını yakalamak için sert ve düz bir yüzeye PV modülleri oluşturmaktır.

PV hücre türleri yarı iletken malzemeden imal edilmiştir. Malzemelerin temelinde, ışık emme verimliliği, enerji dönüşüm verimliliği, üretim teknolojisi ve üretim maliyeti açısından birbirinden farklı kristal halinde ve ince filmler vardır.

Tam bir PV sistemi, sadece PV modüllerinden değil, aynı zamanda sistemin dengesinden oluşur. PV modüllerinin dışında yani PV sistemine her şey destek yapıları, kablolama, depolama, dönüşüm cihazları vs gibi. PV sistemleri başlıca iki türü bugün piyasada mevcuttur. Bunlar düz plaka ve birikmedir. İki sistem karşılaştırıldığında, yassı sistemleri tipik az karmaşık ama yoğunlaştırıcı sistemleri hücrelerin daha küçük alanlara kullanabilirsiniz ama daha karmaşık ve pahalı takip sistemleri ihtiyaç duyarken hücrelerin daha büyük bir sayı kullanır. Bugün piyasada geniş bir yelpazede PV hücre teknolojileri ve daha fazla uygulama bulunmaktadır. Burada PV nesilleri hakkında bilgiler vermek faydalı olacaktır.

2.4. Fotovoltaik Nesiller

Kullanılan temel malzemeye bağlı olarak PV hücre teknolojileri genellikle üç kategoriye ayrılırlar (Irena, 2012). Bunlar sırasıyla;

1. Birinci Nesil: Kristal Silikon
2. İkinci Nesil: İnce Film
3. Üçüncü Nesil: PV Teknolojisi

2.4.1. Birinci Nesil: Kristal Silikon

Silikon, uygun şekilde resmedilen yarı iletken bir malzemedir. PV uygulamaları için, 1.1 eV yasak enerji bandına sahiptir. Kristal silikon, PV' de yaygın olarak kullanılan malzemedir. Endüstride, gofret tabanlı C-Si PV hücreleri ve modüllerinde çok kullanılır. PV pil malzemeleri hakkında kısa bilgi vermek faydalı olacak kanısındayım.

a) Tek- Kristal Silikon

Tek-kristal silikon hücreler PV endüstrisinde en yaygın olanıdır. Ana tek kristalli silikon üretim tekniği, Czokralski (CZ) yöntemidir. Yüksek saflıkta polikristalin bir kuvarslı potada eritilir. Tek kristalli silikon tohum bu erimiş kristal kütlesine daldırılır. Tanecik eridikten sonra yavaş yavaş çekildiğinde, tek bir kristal külçe oluşur. Daha sonra yaklaşık 200-400 mikron kalınlığında ince tabakalar kesilir. Kesilen ince tabaka levhalar daha sonra parlatılmış, katkılı, kaplanmış, birbirine bağlı modüller ve diziler halinde toplanır.

Tek kristalli bir silikon düzgün bir molekül yapısına sahiptir. Kristal olmayan malzemeler ile karşılaştırıldığında, yüksek düzgünlüğü, daha yüksek enerji dönüşümü verimi ile sonuçlanır, hücre tarafından üretilen elektrik gücünün mevcut güneş ışığı gücü yani güç-çıkış güç-girişi. Yüksek bir PV hücre dönüşüm verimi, Yüksek bir PV hücrenin dönüşüm verimi, belirli bir güneş ışığına maruz kalma alanı için fazla elektrik üretir. Tek silikonlu ticari modüllerin dönüşüm verimliliği% 15-20 arasında değişir. Tek silikonlu modüller sadece enerji verimliliği açısından değil, açık hava güç uygulamaları için son derece güvenilirdir. Monokristal hücre görüntüsü Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Monokristal hücre

b) Polikristal Silikon

Polikristal PV hücreleri, tek kristal silikonun küçük taneciklerinden oluşur ve tek kristalli silikon PV hücrelerinden daha az enerji verimliliğine sahiptir. Polikristalin silikondaki tane sınırları elektronların akışını engeller ve hücrenin güç çıkışını azaltır. Polikristal silikondan imal edilmiş bir ticari modül için enerji dönüştürme verimliliği % 10-14 arasında değişmektedir.

Polikristal silikon PV hücrelerinin üretilmesi için, polikristal silikonun bloklarından ince tabakalar kesmek ortak bir yaklaşımdır. Bir başka daha gelişmiş yaklaşım ise, silikonun PV hücrelerini yapmak için yaklaşma kalınlığına sahip ince şeritler veya tabakalar halinde doğrudan üretildiği "şerit büyütme" yöntemidir. Kesme gerektirmediğinden, üretim maliyeti daha düşüktür. Ticari olarak en çok geliştirilen şerit büyüme yaklaşımıdır. Tek kristalli silikon ile karşılaştırıldığında, polikristalin silikon malzeme daha güçlüdür ve tek kristal malzemenin kalınlığının üçte birine kesilebilir. Polikristal hücre ve modül görüntüsü Şekil 2.3'de görülmektedir.



Şekil 2.3. Polikristal hücre ve modül

c) Galyum Arsenit (GaAs)

İki elementten oluşan bileşik bir yarı iletken: galyum (Ga) ve arsenik (As) GaAs, silikona benzer bir kristal yapısına sahiptir. GaAs'ın bir avantajı, yüksek düzeyde ışık absorptivitesine sahiptir. Aynı miktarda güneş ışığını emmek için, GaAs, sadece birkaç mikrometre kalınlık gerektirirken, kristal silikon yaklaşık 200-300 mikrometre kalınlığında bir silikon levhası gerektirir. Ayrıca GaAs, kristal silikondan% 25-30 daha fazla enerji dönüştürme verimliliğine sahiptir. Isıya karşı yüksek direnci konsantrasyon sistemleri için ideal bir seçimdir ve hücre sıcaklıkları yüksektir. GaAs, güçlü olan uzay uygulamalarında da popülerdir ki direnç radyasyon hasarı ve yüksek hücre verimliliği gereklidir. GaAs PV hücrelerinin en büyük dezavantajı, tek kristalin yüksek maliyetidir. Bu nedenle, çoğunlukla sadece GaAs hücrelerinin küçük bir alanına ihtiyaç duyulan konsantrasyon sistemleri kullanılır.

2.4.2. İkinci Nesil: İnce Film

İnce filmli bir PV hücresinin destek katmanında, cam, metal veya plastik folyo gibi düşük maliyetli ince bir yarı iletken PV malzeme tabakası bulunur. İnce film materyalleri, kristalli malzemelere göre daha yüksek ışık emiciliğine sahip olduklarından, PV materyallerinin bulunduğu tabakası, birkaç mikrometreden bir mikrometreye (hatta tek bir amorf hücre, 0,3 mikrometre kadar ince olabilir) kadar son derece incedir. Daha ince malzeme tabakaları önemli maliyet tasarrufu sağlar. Dolayısıyla, üretim süreci daha hızlıdır,

daha az enerji ve kütle üretiminin kullanılması kristalin silikonun külçe büyüme yaklaşımından daha kolay hale getirilmiştir. İnce film PV modülleri için kullanılan malzemeler hakkında bilgiler verilebilir.

a) Amorf Silikon (a-Si)

Daha çok güç tüketimi ve üretim maliyeti gerektiren tüketici elektroniği ürünlerinde kullanılan amorf silikon, ilk kez 1974'te keşfedildiği için baskın ince film PV malzemesi olmuştur.

Amorf silikon, bir silikonun kristal olmayan formudur, yani silikon atomları, yapı içinde düzensizdir. A-Si' nin önemli bir avantajı, yüksek ışık emiciliğidir, tek kristalli silikondan yaklaşık 40 kat daha yüksektir. Bu nedenle, PV hücrelerini yapmak için sadece ince bir A-Si tabakası yeterlidir (kristalin silikon hücreler için 200 veya daha fazla mikrometre kalınlığına kıyasla yaklaşık 1 mikrometre kalınlığında). Ayrıca, A-Si çelik, plastik, cam da dahil olmak üzere çeşitli düşük maliyetli alt tabakalarda biriktirilebilir. Üretim süreci daha düşük sıcaklıklar ve dolayısıyla daha az enerji gerektirir. Dolayısıyla, toplam malzeme maliyetleri ve üretim maliyetleri, kristalli silikon hücreleriyle karşılaştırıldığında birim alan başına daha düşüktür. Gelecek vaat eden ekonomik avantajlara rağmen, A-Si' nin üstesinden gelmek için iki büyük yol engeli var. Bunlardan biri, % 5-9 arasında değişen düşük hücre enerji dönüşümü verimi, diğeri ise güneş ışığına maruz kaldıktan birkaç ay sonra verimliliğin yaklaşık % 10 ila 15'ini yitirdiği dış mekan güvenilirlik problemidir. Şekil 2.4’de Amorf Silikon Güneş Hücresi gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Amorf Silikon Güneş Hücresi

b) Kadmiyum Tellür (CdTe)

Kadmiyum ve tellürden yapılmış bir polikristalin yarıiletken bileşiği olarak, CdTe yüksek bir ışık emiciliği seviyesine sahiptir - sadece bir mikrometre kalınlığında güneş spektrumunun % 90' ını emebilir. Bir başka avantaj ise, yüksek oranlı buharlaştırma, püskürtme veya serigrafi gibi işlemlerle üretilmesi nispeten kolay ve ucuz olmasıdır. Bir CdTe ticari modül için dönüşüm verimliliği A-Si' ye benzer olarak yaklaşık % 7'dir.

Hücre ve modül performansının dengesizliği, PV hücreleri için CdTe kullanmanın en büyük dezavantajlarından biridir. Diğer bir dezavantaj, kadmiyum toksik bir maddedir. CdTe modüllerinde çok az kadmiyum kullanılmasına rağmen, üretim sürecinde ekstra önlemler alınmalıdır. CdTe Güneş Hücresi Şekil 2.5'de verilmiştir.



Şekil 2.5. CdTe Güneş Hücresi

2.4.3. Üçüncü Nesil: PV Teknolojisi

Üçüncü nesil PV teknolojileri, ticari öncesi aşamada olduklarından gösteri amaçlı yeni teknolojik durumları olabilir. Şimdilerde, dört tür üçüncü nesil PV teknolojisi vardır: Konsantre PV, konsantre PV sisteminin soğutulması, organik güneş pilleri ve boyaya duyarlı güneş pilleri şarj ayrılmasından sorumludur. Bu teknolojilerin lısa açıklamalarını verelim.

a) Fotovoltaik Teknolojinin Yoğunlaştırılması

Yoğunlaştırıcı, PV sistemlerinin yoğunlaştırılması için önemli bir bileşendir. Optik prensip, konsantratör tipleri ve geometrik konsantrasyon oranına göre sınıflandırılır. Satır odağı güneş yoğunlaştırıcı mercek, parabolik oluk ve satıra odaklanan parabolik toplayıcı içerir. Nokta odaklama yoğunlaştırıcıya eksenel yoğunlaştırıcı denir. Yoğunlaştırıcı merceği veya bu tür yoğunlaştırıcının reflektörleri, güneş pilinin aynı optik ekseninde bulunur (Zubi, Bernal-Agust´ın, and Fracastoro, 2009) konsantrasyon oranına göre, konsantre edici düşük konsantrasyonlu bir sisteme ve güneş izlemeli yüksek yoğunluklu bir sisteme bölünebilir. Düşük konsantrasyonlu sistemin konsantrasyon oranı yüksek olmasa da, dağınık radyasyon güneş izlemesi olmadan kullanılabilir ve doğrudan radyasyonun yetersiz olduğu alanlarda uygulanabilir. Genel olarak, eğer konsantrasyon oranı 10'dan fazlaysa, sistem sadece doğrudan güneş ışığını kullanabilir. Sonuç olarak, izleme sistemi benimsenmelidir. 1970'lerin ortasından bu yana, 50 konsantrasyon yoğunluğu ve% 12,7 verimlilikle ilk konsantre PV sistemi ABD'deki Sandia Ulusal Laboratuvarlarında geliştirilmiştir. Bu teknoloji hızla gelişti. Daha önceki aşamasında, Fresnel lens özelliği diğer ışık yoğunlaştırma cihazlarına göre daha üstündü. Şekil 2.6'da PV konsantratörü Fresnel lens şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.6. PV konsantratörü Fresnel lens şeması

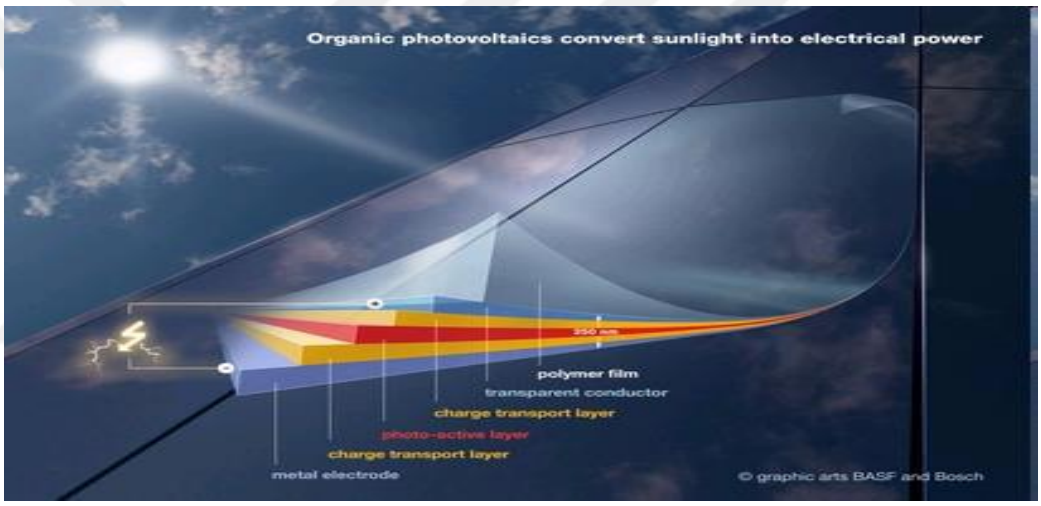
b) Konsantre PV Sisteminin Soğutulması

Bir sıcaklıktaki farklı konsantrasyon PV türleri için, güneş hücresi verimliliğindeki değişimin genel eğilimi, konsantrasyon oranındaki değişime karşılık gelir. Hücre verimi, düşük konsantrasyondaki konsantrasyon oranındaki artışla artar ve yüksek konsantrasyondaki konsantrasyon oranındaki artışla azalır. Verilen çıkış gücünün koşulu altında, tandem tipi hücre voltaj çıkışını artırabilir ve ohmik kaybı azaltabilir. Bununla birlikte, ışık şiddeti dağılımının eşitsizliği ve zayıf ısı dağılımı, hücre panelinin aşırı ısınmasına neden olarak tüm hücre dizisinin mevcut çıktısını etkiler. Buna "güncel eşleşme sorunu" denir. Etkin PV hücre soğutması veya yoğunlaştırıcının uygun tasarımı parazitik güç tüketimini azaltabilir (Chow,2010).

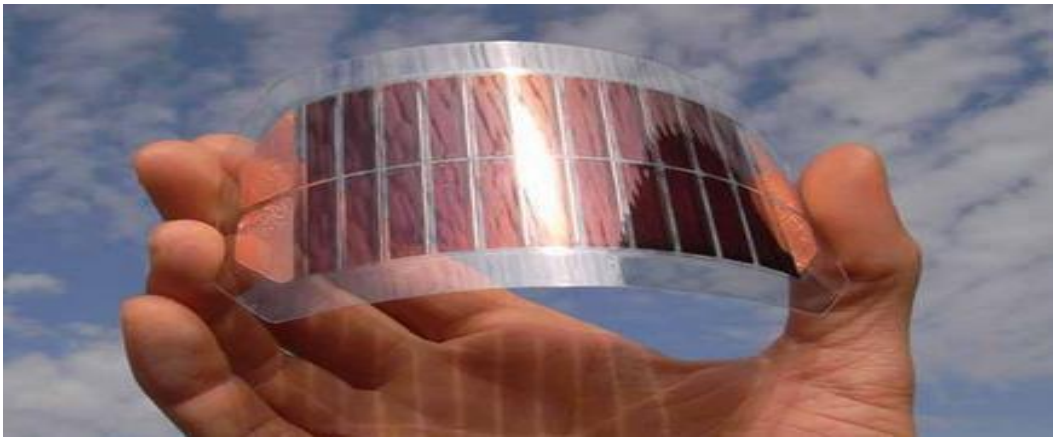
c) Organik Güneş Hücreleri

Organik güneş hücreleri, Şekil 2.7' de gösterildiği gibi organik veya polimer malzemelerden oluşur. Ucuzdurlar, ancak çok verimli değildirler. Organik PV modül verimleri artık ticari sistemler için % 4 ile % 5 ve laboratuvarda % 6 ile % 8 arasındadır (Orga PV net ,2009). Düşük verimliliğe ek olarak, organik güneş pilleri tedarikçileri tam ticarileşmeye doğru ilerliyor ve üretimi 1 GW'dan daha fazla arttırmayı planladığını açıkladılar (EPIA, 2011). Organik hücre üretimi yüksek hızlı ve düşük sıcaklıklı rulodan-rulo üretim süreçlerini kullanır ve standart baskı teknolojileri. Sonuç olarak, organik güneş pilleri bazı uygulamalarda diğer PV teknolojileriyle rekabet edebilir, çünkü üretim maliyetleri düşmeye devam eder ve 2020'ye kadar 0,50 / W'a ulaşması beklenir (Nozik, , 2011). Organik hücreler plastik tabakalara uygulanabilir. Baskı ve kaplama endüstrisine benzer şekilde, organik güneş hücrelerinin, Şekil 2.8'de gösterildiği gibi hafif ve esnektir, bu da mobil uygulamalar ve çeşitli düzensiz yüzeylere yerleştirmek için idealdir.
Bu onları özellikle taşınabilir uygulamalar için faydalı kılar, Potansiyel kullanımları arasında cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar, radyolar, flaş lambaları, oyuncaklar ve bir batarya kullanan hemen hemen tüm el aygıtları için şarj cihazları bulunur. Ayrıca kullanılmadıkları zaman depolama için sarılabilir veya katlanabilirler. Bu özellikler, organik PV modüllerini binaya entegre uygulamalar için çekici hale getirecek, çünkü PV sistemlerinin uygulanabileceği şekil ve form yelpazesini genişletecektir. Bir diğer avantaj, teknolojinin bol

miktarda, toksik olmayan malzemeler kullanması ve yüksek verimlilikle çok ölçeklenebilir bir üretim sürecine dayanmasıdır. Kuantum noktaları / telleri, kuantum kuyuları veya süper kafes teknolojilerinin kullanılmasını sağlayan üçüncü nesil teknolojilere ek olarak yeni ve ortaya çıkan solar hücre konseptleri (Leung, Siu-fung, 2011). Bu teknolojilerin, konvansiyonel (kristalin) hücrelerin termodinamik sınırlamalarını aşarak çok yüksek verim elde edebilecekleri PV teknolojilerinin yoğunlaştırılmasında kullanılması muhtemeldir. Genellikle aktif tabakayı güneş spektrumuna daha iyi uyacak şekilde değiştirmeyi amaçlayan nanoteknoloji gibi olanak sağlayan teknolojileri içeren yeni kavramlar.



Şekil 2.7. Organik PV yapısı



Şekil 2.8. Organik PV örneği

d) Boya duyarlı güneş hücreleri

Güneş pilleri, foto-duyarlı bir anot ile bir elektrolit arasında oluşan yarı iletken yapılara dayanan foto-elektrokimyasal güneş pillerini kullanır. Tipik bir DSSC'de yarı iletken nano kristaller, güneş ışığını alan (fotonlar) anten görevi görür. Boya molekülü, yük ayrılmasından sorumludur (fotoakım). Doğal fotosentezi taklit etmesi benzersizdir (Grätzel, O'Regan, 1991). Bu hücreler çekicidir çünkü düşük maliyetli malzemeler kullanırlar ve örneğin hafif emici bir pigment tarafından kaplanan titanyum dioksit üretimi kolaydır. Bununla birlikte, performansları UV ışığına maruz kaldıkça zamanla düşebilir ve bir donma riski olduğunda sıvı elektrolit kullanımı sorunlu olabilir.

Buraya kadar yapılan açıklamalar göz önüne alındığında; Birinci nesil güneş pilleri, düşük maliyetleri ve piyasada bulunan en iyi verimlilik ile pazara hakimdir. Bunlar, köklü üreticilerin geniş bir yelpazesi ile nispeten olgun bir PV teknolojisidir. Son yıllarda çok önemli maliyet indirimleri olsa da, temel malzemelerin maliyetleri nispeten yüksektir. Düşük enerji kaynaklarına sahip alanlarda toptan elektrik üretim pazarında tam bir ekonomik rekabet gücü sağlamak için daha fazla maliyet düşüşünün yeterli olup olmadığı açık değildir.

İkinci nesil İnce film PV teknolojileri, düşük malzeme ve üretim maliyetlerinden dolayı çekicidir, ancak bunun birinci nesil teknolojilerden elde edilenlerden daha düşük verimlilikle dengelenmesi gerekir. İnce film teknolojileri, birinci nesil PV'den daha az olgunlaşmış ve faydalı ölçekli sistemler hariç, mütevazı bir pazar payına sahip. Çok düşük c-Si modül fiyatları ile rekabet etmekte zorlanıyorlar ve ayrıca dayanıklılık, malzemelerin bulunabilirliği ve malzemelerin toksisitesiyle (Kadmiyum söz konusu olduğunda) karşı karşıya kalıyorlar.

Üçüncü nesil teknolojiler henüz herhangi bir ölçekte ticarileştirilmemiştir. Konsantre PV, herhangi bir PV modülünün en yüksek verimine sahip olma potansiyeline sahiptir, Diğer organik veya hibrit organik / konvansiyonel (DSSC) PV Düşük verimlilik, aynı zamanda düşük maliyet ve ağırlık ve serbest şekillendirme sunar. Bu nedenle, bu özelliklerin gerekli olduğu niş pazarları (örneğin mobil uygulamalar) doldurabilirler.

BÖLÜM 3

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

3.1. Giriş

Yenilenebilir enerji kaynakları, hedef olarak dünyanın enerji ihtiyacının birçok kez karşılanabileceği kadar büyüktür. Biyokütle, rüzgar, güneş, hidroelektrik ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları, yerli kaynakların kullanılarak sürekli olarak enerji hizmetleri sağlayabilmektedir.

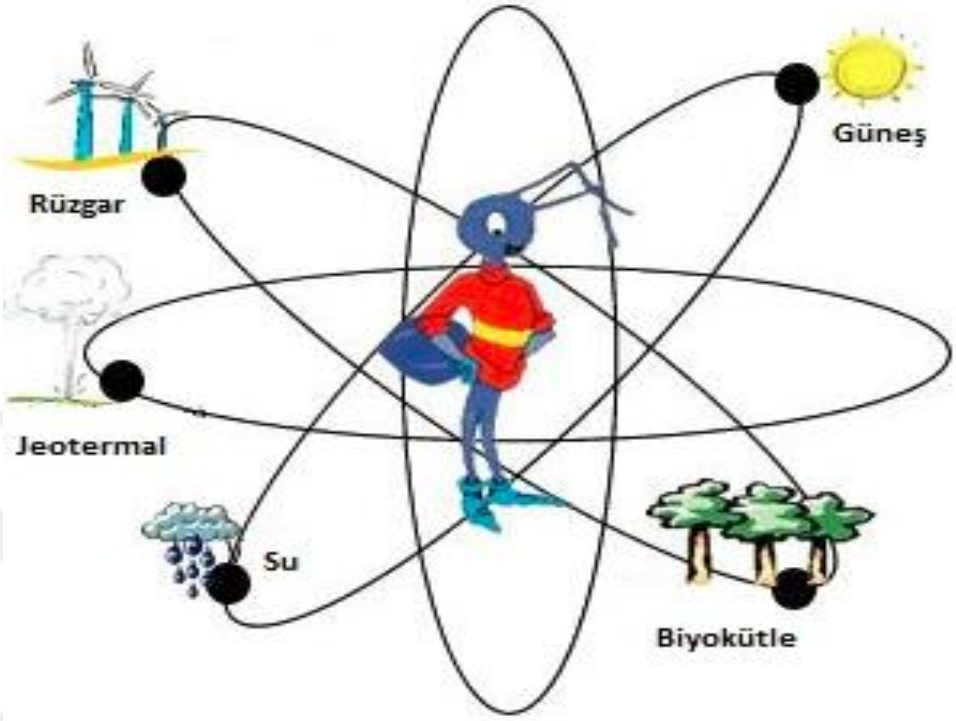
Güneş ve rüzgar enerjisi sistemlerinin maliyetleri son çeyrek asırdır önemli ölçüde azalmıştır. Bu azalmanın her geçen gün devam edeceği aşikardır. Petrol ve doğal gaz enerji fiyatları günden güne artması yenilenebilir enerjiye geçiş kaçınılmazdır. Ayrıca, yenilenebilir enerji ve diğer yeni enerji teknolojilerinin gelecekteki büyüme potansiyeli ve rekabetçi bir hal alması enerji sistemlerinin ekonomik gerçekliğidir.

Yenilenebilir enerji kaynakları kendilerini sürekli yeniledikleri için tükenme ihtimalleri yoktur. Yenilenebilir enerjilerin hemen hemen hepsi doğrudan ya da dolaylı olarak kaynakları güneştir. Güneş enerjisinden ısınmak ve aydınlanmak için konutlar ve diğer binalarda doğrudan kullanılırken, ticari ve endüstriyel amaçlı yapılarda dolaylı olarak elektik üretmek, su ısıtmak, soğutmak vb. gibi çeşitli faktörler için kullanılmaktadır. Güneşin yeryüzünü ısıtması sonucu rüzgarlar oluşturur ve rüzgar enerjisi türbünleri yardımıyla yakalanıp rüzgar enerjiye dönüşmektedir. Güneşin yer yüzündeki ısı miktarını artırması ile okyanus, göl, derelerden ve su kaynaklarındaki su buharlaşmasına neden olur. Su buharı dolu, kar veya yağmura dönüşüp tekrar ırmak ya da dere içlerine ulaştığı zaman, hidroelektrik santraller tarafından hidro enerji yakalanabilir. Dolu, kar ve yağmur ile beraber güneş ısı ve

ışığı bitkilerin büyümesini neden olur. Bu bitkileri oluşturan organik maddeler biyokütle olarak adlandırılır. Bu organik madde kullanılarak elektrik üretmek için mümkün olup ve kullanılması ile biyokütle enerjisi elde edilmiş olur.

Hidrojen bilinen tüm organik bileşiklerde bulunmaktadır. Yerküremizde en çok bulunan elementten birisi ve doğal halde gaz olarak bulunmaz. Metan için karbon ile birleştiği gibi daima diğer elementlerle bağ kurma durumundadır. Birleşik halden ayrıştırıldığında hidrojen enerjisi elektriğe dönüştürülebilir veya yakıt olarak kullanılabilir.

Yenilenebilir enerji kaynakları güneşten önemli etken olmasına karşın, okyanusların gelgit enerjisi güneş ve ayın birbirlerini kütlesel olarak çekmelerinden kaynaklanır. Okyanus dalgalarının gelgitlerle birlikte oluşturduğu okyanus enerjisi vardır. Güneş okyanusun yüzeyini derinliklere göre daha fazla ısıttığı dolayı bir sıcaklık farkı oluşur, bu sıcaklık farkı bir enerji kaynağı olarak adlandırılır. Bu adlandırılan okyanus enerjisi elektrik üretiminde kullanılabilmektedir. (Külekçi 2009). Şekil 3.1'de yenilenebilir enerji kaynaklarının şematik olarak gösterilmiştir.

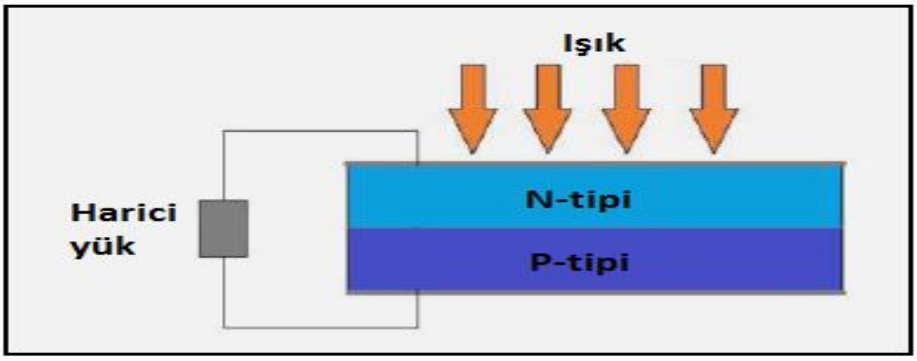


Şekil 3.1 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Şematik Gösterimi

Yenilenebilir Enerji Neden Önemlidir? sorusuna yanıt arandığında; yenilenebilir enerjilerin günümüzde çok faydaları vardır. Özellikle gelecekte çevreye ve insanlığa sağlayacağı faydalardan dolayı önemlidir. Sağlanacak faydaları şöyle sıralanabilir.

3.2. Solar Fotovoltaik Hücrenin Temel Çalışması

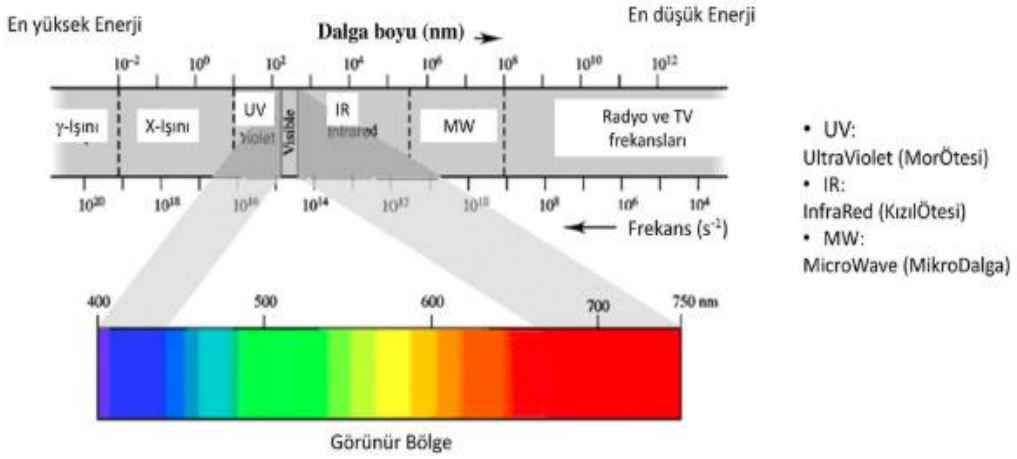
Solar PV hücresinin çalışmasının temel prensibi, güneş akısına maruz kaldığında yarı iletken malzemenin sergilediği fotovoltaik etkidir. Bu etki, PN eklem diyotunu analiz edilmelidir. Şekil 3.2'de şematik gösterimi verilen solar PV hücresinin çalışma prensibi ele alınmaktadır. Küçük bir posta pulu büyüklüğünden birkaç metre genişliğe kadar birçok ebat ve şekilleri mevcuttur. Genellikle, PV modülleri oluşturmak için bunlar birbirine bağlanır ve sırayla büyük güç gereksinimlerini karşılamak için dizilirler. Bu uygun elektriksel bağlantıları, montaj donanımı, güç koşullandırma ekipmanları ve bunlara ait aküler güneş enerjisi sistemi oluşturur.



Şekil 3.2. Solar PV hücrenin temel çalışması

3.3. Işık Spektrumu

Işık spektrumu, dalgadaki enerji ile dalga boyu arasındaki bağıntı ile ilgilidir. Güneş pili fotoelektrik akıma absorbe ve dönüştürmek için genellikle güneş pili 400 nm ila 750 nm dalga boyu ölçeğinde çalışır (Mandloi, Anil, 2015).



Şekil 3.3. Işık ve Enerji Spektrumu

3.4. Güneş Akısına Tepki ve Etkileyen Faktörler

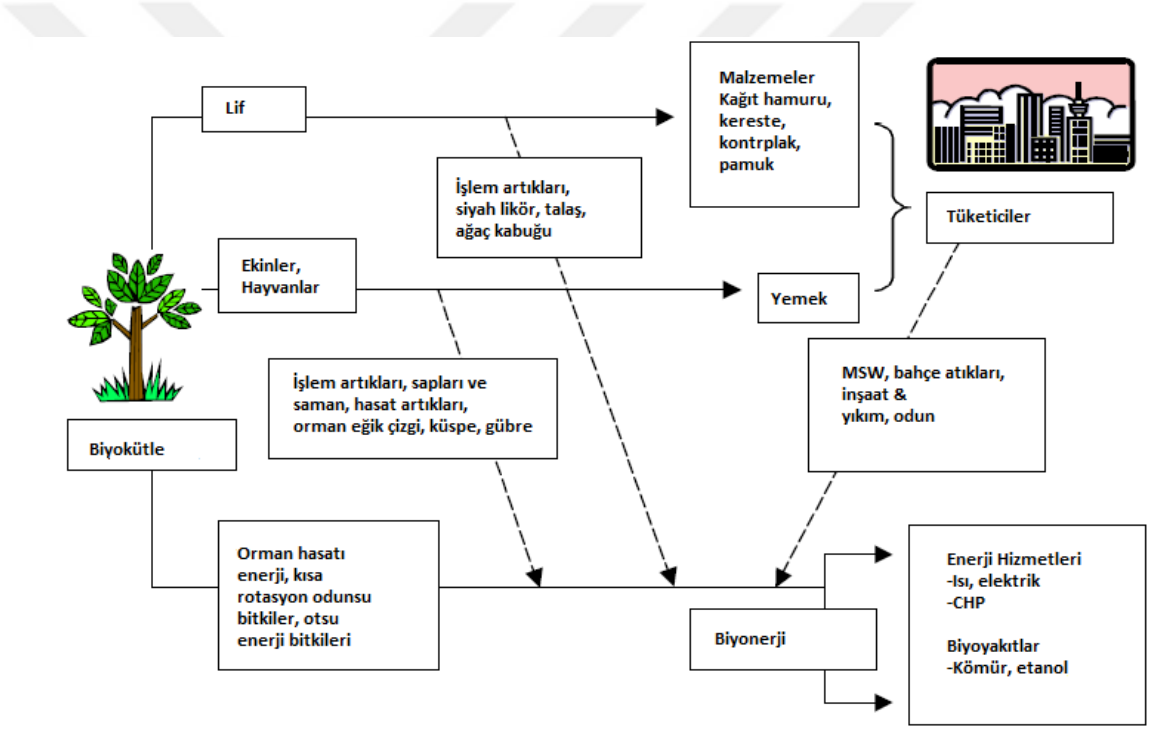
PV hücresinde üretilen akımın büyüklüğü, gelen ışığın yoğunluğuna ve olay ışınlarının dalga boyuna bağlıdır. Solar PV hücrelerinde kullanılan yarı iletken malzemeler,

sınırlı miktarda radyasyon emer ve bir fotonun enerjisi, dalga boyu tarafından belirlenir. Ancak daha kısa dalga boyunda daha büyük olanla karşılaştırıldığında daha büyük enerjiye sahip olduğu ışığın yoğunluğu ile belirlenir. Genel olarak Güneş pilleri, fotovoltaik malzemede fotoelektrik emisyon oranının artmasıyla sonuçlanan ışık yoğunluğunu artırmak için mümkün olan maksimum radyasyonu yakalamak için yansıma önleyici bir malzeme ile kaplanır (Kibria, 2014).

Sıcaklığın güneş hücresi üzerindeki etkileri, sıcaklıktaki artış, hücrelerin bant boşluğunu arttırması ve ardından hücrenin çıkış gücünü düşürmesi nedeniyle önemli bir rol oynar. Kuşkusuz güneş pili üreticileri, hücre sıcaklığını 25 ° C olarak belirtirler. Güneş paneli çıkış gücü ve verimi, 25 ° C hücre sıcaklığında 1.000 W / m2 güneş ışığı ve 1,5 hava kütlesinde Spektrum diyebilecek Standart Test Koşulları (STC) kapsamında tanımlanmıştır. Örneğin, verilen güneş panelinin sıcaklık katsayısı% -0,5 / ° C ise ve ortam sıcaklığı 40 ° C ise, o zaman hücre kapsüllemesinden dolayı hücre sıcaklığının ortam sıcaklığından yaklaşık 15 ° C daha yüksek olması beklenir. Daha sonra 40 ° C' de güneş paneli çıkışındaki kayıp % 0,5 / ° C'dir. Başka bir deyişle, 25 ° C hücre sıcaklığı altında 100 W' de derecelendirilen bir panel, 40 ° C *çevre* sıcaklığında sadece 85 W üretecektir. Benzer şekilde gölgelendirme veya bulut örtüsü, toz ve doğru kurulum, aksi takdirde verimsizliğe yol açan iyi bir rol oynar. Kısmi veya tam gölgelemenin etkilerini bulmak için yapılan çeşitli deneyler, güneş sistemlerinin zayıf performansını göstermiştir. Solar PV sisteminin toplama verimliliğini artırmak için akıllı kontrolör, soğutma ve temizleme mekanizmalarıyla toz birikmesi nedeniyle paneli ortadan kaldırmak veya temizlemek için lot çalışmaları yapılmaktadır.(Baskar, 2014), Biyokütle, bitkilerden (algler dahil), ağaçlardan ve bitkilerden kaynaklanan tüm organik maddeler olarak adlandırılır ve güneş enerjisinin fotosentez yoluyla depolanması ve toplanmasıdır. Biyokütle enerjisi veya biyoenerji, biyokütlenin ısı, elektrik ve sıvı yakıtlar gibi faydalı enerji biçimlerine dönüştürülerek faydanılmasıdır.

Biyoenerji için biyokütle, doğrudan topraktan tahsis edilmiş enerji mahsulleri olarak doğrudan veya mahsullerin işlenmesinde veya odun endüstrisinden kağıt hamuru ve kağıt gibi diğer ürünler için işlenmesinde üretilen artıklardan gelir. Bir başka önemli katkı, inşaat ve yıkım ahşabı, ulaşımda kullanılan paletler ve belediye katı atıklarının (MSW) temiz kısmı

gibi tüketici sonrası kalıntı akımlarındandır. Biyoenerji sistemine biyokütle, toplumumuzda güneş kaynaklı materyallerin, yiyeceklerin ve liflerin akışının yönetimi olarak düşünülebilir. Bu ilişkiler, hasat ve kalıntılarının biyoenerji uygulamalarına akışını gösteren çeşitli kaynak türlerini ve uygulamalarını sunan Şekil 3.4' te gösterilmektedir. Biyokütle enerji üretmek için doğrudan kullanılmaz, bunun yerine biyolojik yakıt olarak adlandırılan orta enerji taşıyıcılarına dönüştürülebilir. Bu kömür (daha yüksek enerji yoğunluğu katı yakıt), etanol (sıvı yakıt) veya üretici gazını (biyokütlenin gazlaştırılmasından) içerir.



Şekil 3.4. Biyokütle ve biyoenerji akış şeması.

Biyokütle insanlar tarafından kullanılan ilk enerji kaynağıydı ve hemen hemen tüm insanlık tarihi için odun bizim baskın enerji kaynağımız oldu. Sadece geçen yüzyılda, fosil yakıtları çıkarmak ve yakmak için etkili tekniklerin geliştirilmesiyle birlikte, kömür, petrol ve doğal gaz, odun yerine sanayileşmiş dünyanın birincil yakıtı olarak odun yerleştirmiştir. Bugün, biyokütle yılında yılda yaklaşık 40 ila 55 ekzülom (EJ = 1018 joule), enerji kullanımında, yıllık enerji kullanımının yaklaşık 450 EJ'sinden veya tahmin edilen yüzde 10-

14'lük bir enerji kaynağı olarak kullanılıyor. petrol (% 33), kömür (% 21) ve doğal gaz (% 19). Kesin miktar belirsiz çünkü çoğunluğu ticari olmayan gelişmekte olan ülkelerde kullanılıyor.

Biyokütle, çoğu gelişmekte olan ülkede, oynadığı ve oynamaya devam ettiği rol göz önüne alındığında, genellikle modern bir enerji kaynağı olarak kabul edilmez. Gelişmekte olan ülkelerde hala birincil enerji kullanımının yaklaşık üçte birini oluştururken, en yoksul durumda tüm enerjinin yüzde 90'ına kadarı biyokütle tarafından sağlanmaktadır. İki milyardan fazla insan doğrudan biyokütle yanması ile pişirilmektedir ve bu geleneksel kullanımlar tipik olarak, ormansızlaşma ve çevresel bozulmaya daha fazla katkıda bulunabilecek doğal ormanlar gibi düşük maliyetli kaynaklardan kaynaklanan, biyokütle yakıtlarının verimsiz kullanımını içermektedir. Günümüzde gelişmekte olan ülkelerde evsel pişirme ve ısıtma için kullanılan biyokütle yakıtların doğrudan yanması, gaz ve elektriğin en üstte olduğu tercih edilen enerji taşıyıcı merdivenin altındaki "fakir adamın yağı" olarak adlandırılmıştır.

Gelişmekte olan ülkelerde biyokütle kullanımının tabloları sanayileşmiş ülkelerdekilerle keskin bir şekilde çelişmektedir. Ortalama olarak, biyokütle, biyokütle kullanımını destekleyen politikaların yürürlükte olmasına rağmen, ikincisindeki toplam enerji kullanımının yüzde 3'ünü veya yüzde 4'ünü oluşturur. Avusturya, İsveç ve Finlandiya'da biyokütle katkısı sırasıyla yüzde 12, 18 ve yüzde 23'e ulaştı. Sanayileşmiş ülkelerdeki çoğu biyokütle, kojenerasyon sistemlerinde (birleşik ısı ve elektrik üretimi) endüstriyel tesislerde veya belediye merkezi ısıtma tesislerinde elektriğe ve işlem ısısına dönüştürülür. Bu, daha temiz olan ve mevcut biyokütle kaynaklarını, gelişmekte olan ülkelerde olduğundan daha verimli kullanan biyokütleden türetmek için çok çeşitli enerji hizmetlerinin kullanılmasını sağlar.

Biyokütle enerjisi, dünya çapında "modernize" olma potansiyeline sahiptir, bu da verimli ve maliyet açısından rekabetçi bir şekilde üretilen gaz ve sıvılar veya elektrik gibi daha uygun biçimlere dönüştürülebilir. Çeşitli teknolojiler katı biyokütleyi, evden / köyden büyük sanayiye kadar çeşitli ölçeklerde temiz ve uygun enerji taşıyıcılarına dönüştürebilir. Bu teknolojilerin bir kısmı bugün ticari olarak temin edilebilirken, diğerleri hala geliştirme

ve gösteri aşamasındadır. Yaygın olarak uygulandığında, bu teknolojiler biyokütle enerjisinin gelecekte, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, bugün olduğundan daha önemli bir rol oynamasını sağlayabilir.



Şekil 3.5. Biyokütle kaynakları

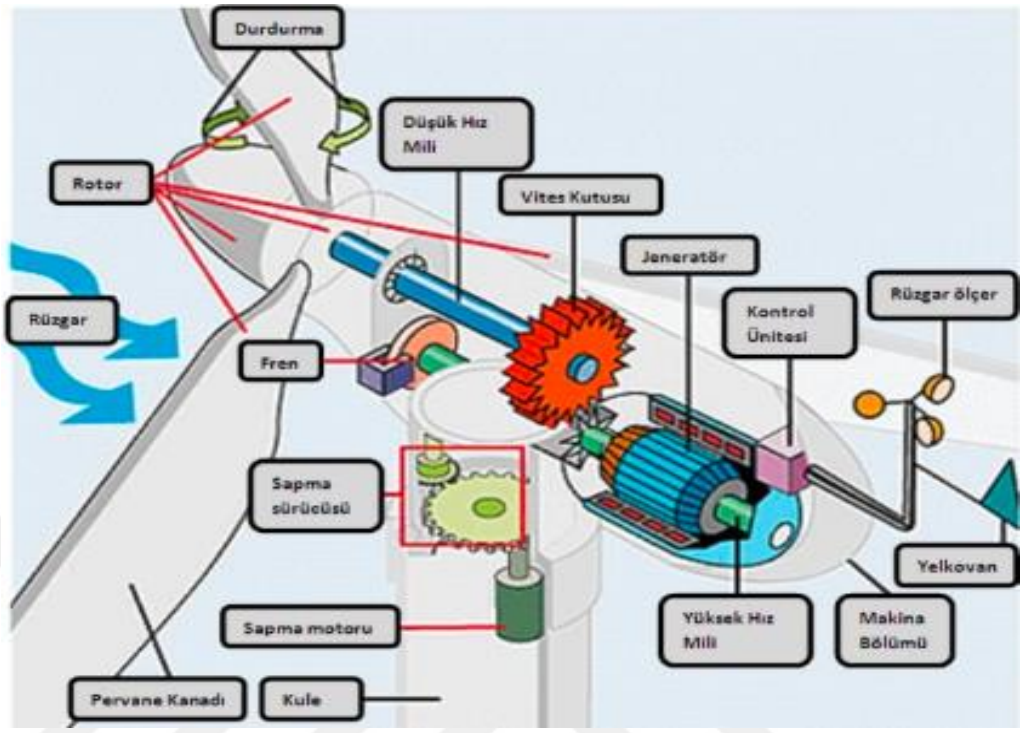
Modernize edilmiş biyokütle enerjisinin gelecekteki küresel enerji arzında önemli bir rol oynayacağı tahmin edilmektedir. Bu, yeni petrol ve doğal gaz rezervlerinin keşfedilmesi ve mevcut kömür kaynaklarının keşfedilmesinde belirleyici bir sorun olmaktan çıkmış olan fosil yakıtların tükenmesiyle değil, küresel iklim değişikliği tehdidi nedeniyle ortaya çıkmaktadır.

Biyokütle, dünyanın gelecekteki enerji arzına büyük katkı sağlayabilen yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Biyokütle üretimi için arazi mevcudiyeti, konvansiyonel tarımsal üretimin modernizasyonu ile birlikte olması koşuluyla darboğaz olmamalıdır. Biyokütlenin enerji için kullanılabildiği formlar çeşitlidir ve optimal kaynaklardır, teknolojiler ve tüm sistemler hem fiziksel hem de sosyoekonomik olarak yerel koşullarla şekillendirilecektir. Özellikle çok yıllık mahsuller, düşük veya olumlu çevresel etkileri olan ucuz ve üretken biyokütle üretim sistemleri sunabilir. Çok işlevli arazi kullanımı ile birlikte teknik iyileştirme ve optimize üretim sistemleri, biyokütleyi fosil yakıtların maliyetine yaklaştırabilir.

3.5. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar, yaygın bir şekilde mevcut olmasına rağmen, dağınık halde olmasına ve enerji üretimi sırasında kirlilik oluşturmamasına rağmen, küresel bir temiz enerji kaynağı olarak önemli bir potansiyele sahiptir. Rüzgar enerjisi, malların taşınması, tahıl öğütülmesi ve birkaç bin yıldır su pompalanması için insanlığın birincil enerji kaynaklarından biri olmuştur. 2000 yıldan daha önce Çin, Hindistan ve İran'da kullanılan yel değirmenlerinden Avrupa ve Kuzey Amerika'daki 20. yüzyılın başlarında elektrik üretimine kadar rüzgar enerjisi kayıt tarihimizde önemli bir rol oynamıştır. Avrupa'da ve daha sonra Amerika'da sanayileşme gerçekleştikçe, rüzgar enerjisi üretimi azalmış, ilk önce hem ucuz hem de daha güvenilir enerji kaynakları olan petrol ve kömür kullanımı gittikçe yaygınlaşmış ve daha sonra enerji iletim hatları çoğu kırsal alana yayıldıkça daha keskin hale gelmiştir. Bununla birlikte, 70'lerin petrol krizleri, şebekeye bağlı elektrik üretimi, su pompalama ve uzak bölgelerdeki güç temini için rüzgar enerjisi teknolojisine olan ilginin artmasına neden olarak endüstrinin yeniden doğuşunu sağlamıştır.

Günümüzde 13.000 MW'tan fazla kurulu rüzgâr gücü mevcut olup, üç yıl önce mevcut olan kapasiteyi iki katına çıkarmıştır. Rüzgar gücündeki bu çarpıcı büyüme, 1998'de yaklaşık 2 milyar dolarlık satışlar ve önümüzdeki on yılda on kat büyüme tahminleri ile dünyanın en hızlı büyüyen endüstrilerinden birini yarattı. Kurulu kapasiteye ilişkin 2000 tahmininin çoğu, 1999 yılının başlarında 10.000 MW'lık işareti geçen rüzgar enerjisi ile hızla tutuluyor. Şekil 3.7'de rüzgar türbini yapısı verilmiştir.



Şekil 3.6. Rüzgar Türbini Yapısı

Rüzgar enerjisi ile ilgili X firmasına ait bir rüzgar enerji santrali ziyaret edilerek aşağıda belirtilen sorularımıza cevap alınmıştır.

Soru 1. Rüzgar Elektrik Santrali için yer seçiminde nelere dikkat edilmelidir?

Cevap 1. Rüzgar santralı seçiminde en önemli kriter yerin rüzgar potansiyelidir. Bölgenin yıllık bazda rüzgar ortalamasının Rüzgar santralı kuracak kadar yüksek olmalıdır. Rüzgar potansiyeli tek önemli bir kriter değildir, bölgenin büyük ekipmanları taşımak için gidip gelinebilir bir yer olması gerekir. İşletme döneminde yolların açık olması gerekir. Üretilen enerjinin iletmek için konumu uygun olmalıdır .

Soru 2. Elektrik üretimi için ihtiyaç duyulan rüzgar hızı aralığı ne kadardır?

Cevap 2. Rüzgar türbinlerinde üretim için ihtiyaç duyulan rüzgar hızı her türbinde aynı değildir ama genelde 3 m/s ile 25 m/s aralığındaki rüzgar hızı iyidir. Son yıllarda teknoloji geliştikçe üst sınır gittikçe yükselmektedir. (36 m/s olan türbin var mesela)

Soru 3. Yılın hangi ayında/aylarında elektrik üretimi maksimuma ulaşmaktadır? Maksimum üretilen enerji ne kadardır?

Cevap 3. Bu bölgeden bölgeye değişmektedir. Bizim bölgemizde en iyi aylar Aralık-Ocak-Şubat ayları iken Güney illerinde yaz ayları en iyi aylardır.

Soru 4. Rüzgar türbinlerinin ürettikleri elektrik enerjisini hesaplamak için hangi parametrelere ihtiyaç duyulmaktadır?

Cevap 4. Rüzgar hızı, havanın yoğunluğu, türbinin dizayn değerleri, rotorun torku, kanat uzunluğu, rotorun süpürme alanı...vs en önemli parametrelerdir.

Soru 5. Olağanüstü hava şartlarında sistem nasıl çalışmaktadır?

Cevap 5. Türbinler durur, kanatlarını kapatır ve kendini koruma altına alır.

Soru 6. Rüzgar türbinlerinden bir veya bir kaçının arızalanması durumunda sistem nasıl etkilenmektedir?

Cevap 6. Üretilen toplam enerji arızalanan türbinin üretimi kadar düşecektir.

Soru 7. İşletme zorlukları nelerdir? Zorluklara karşı nasıl bir yöntem izliyorsunuz?

Cevap 7. Türbinlerde bakım-onarım ve kontrol yapmak için, zorlu eğitimlerden geçmemiz gerekiyor. Kışın hava şartları zorluyor, yolumuz uzak ve bozuk. Dışarda kötü hava şartlarında çalışma yapmak çok zor oluyor.

Soru 8. Üretilen tüm enerji şebekeye mi aktarılıyor?

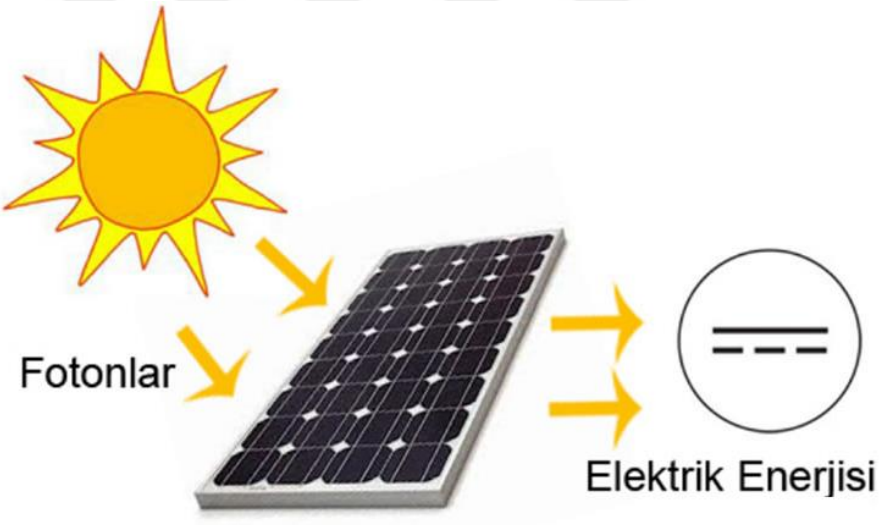
Cevap 8. Üretilen enerjinin %2'si türbin iç tüketimi, ana trafo kaybı ve binamızda tüketilen enerji olarak kullanılıyor. Gerisini 154 kW ulusal şebekeye veriyoruz.

3.6. Güneş Fotovoltaik ve Güneş Termal Teknolojileri

Güneş ışığını bitkilerin fotosentezini ara adım olarak kullanarak daha geniş bir anlamda yapan biyokütle tabanlı sistemlerin yanı sıra güneş ışığını faydalı enerji formlarına dönüştüren iki temel teknoloji kategorisi vardır. İlk olarak, güneş fotovoltaik (PV) modülleri güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştürür. İkincisi, güneş enerjisi sistemleri, buhar üretmek

için odaklı güneş ışınımı kullanır ve bu da daha sonra elektrik üreten bir türbini açmak için kullanılır.

Nispeten iyi gelişmiş teknolojiler olduğundan, güneş ısısı ve gücünün karşılaştığı Ar-Ge zorlukları temel olarak mühendisliktir. Bununla birlikte, fizikçiler modelleme ve materyal geliştirme gibi alanlarda rol oynarlar. Örneğin, verimli güneş enerjili ısıl enerji üretimi için gereken yüksek sıcaklıklara dayanabilen ileri silisyum karbür seramik ürünlerindeki yeni gelişmeler, şu anda Güney İspanya'da denenmekte olan bir prototip güneş ısıl elektrik santralinde kullanılmaktadır (New Scientist, April 2004, 26)



Şekil 3.7. Güneş Enerjisi Şematik Gösterimi

3.6.1. Güneş Fotovoltaikleri

Solar PV modülleri, güneş ışığını doğru akım elektriğine dönüştüren hareketli parçaları olmayan katı hal yarı iletken cihazlardır. PV çalışmasının altında yatan temel prensip modüller 150 yıldan daha eskilere dayanıyor, ancak Bell Labs'in 1954'te silikon güneş pilini icat etmesinin ardından gerçekten önemli bir gelişme başladı. PV'nin ilk büyük uygulaması, 1950'lerin sonlarında uyduları güçlendirmekti ve bu basitlik ve güvenilirliğin en önemli olduğu ve maliyetin ikincil bir sorun olduğu bir uygulamadır. O zamandan beri, ilk olarak ABD uzay programının ihtiyaçları ve daha yakın zamanda ABD, Avrupa ve

Japonya'daki özel / kamu sektörü işbirlikçi çabalarıyla sürülen PV performansında ve maliyet azaltmada muazzam ilerleme kaydedilmiştir.

Şu anda, yıllık küresel PV modül üretimi 150 MW'ın üzerindedir ve bu da 1 milyar dolar / yıl iş hacmine dönüşür. PV teknolojilerinin uzayda kullanılmaya devam etmesinin yanı sıra, günümüzdeki maliyet ve performansları, onları hem gelişmiş hem de gelişmekte olan bölgelerinde birçok ızgaradan izole edilmiş ve hatta birbirine bağlı uygulamalar için uygun hale getirmektedir. PV Teknolojileri potansiyel olarak o kadar faydalıdır ki, nispeten yüksek başlangıç maliyetleri başka bir büyüklük sırasına indirgendiğinden, 21. yüzyılın sonlarında neredeyse her yerde bulunmadıklarını hayal etmek çok kolaydır. PV sistemleri daha sonra, büyük ölçüde farklı ortamlarda, mikroskobik hücrelerden 100 MW'a veya daha büyük "merkezi istasyon" a kadar, dünya yüzeyinde ve uzayda kilometrekareyi kaplayan tesisler üreten birçok ölçekte kullanılabilir. Bu yaygın çeşitlilikteki uygulamalarda PV teknolojilerinin kullanımını destekleyen teknik ve ekonomik itici güçler eşit derecede farklı olacaktır. Bununla birlikte, bunlar arasında ortak olan, dayanıklılık, yüksek verimlilik, sessiz çalışma ve PV sistemlerinin sunduğu hareketli parçaların eksikliği ve bu özelliklerin minimum bakım ve eşsiz güvenilirlikle bir güç kaynağı sağlamak için bir araya gelmesidir.

3.6.2. Güneş Termal Sistemleri

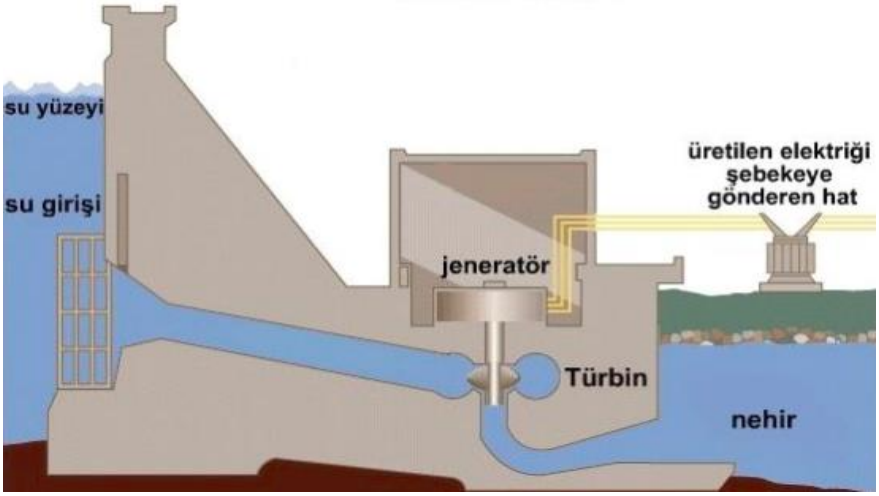
Güneş termal enerji sistemleri, güneş ışığına odaklanmak için, daha sonra buhar üretmek için kullanılan ısı transfer sıvısı olarak bilinen bir ara akışkanı ısıtmak için çeşitli teknikler kullanır. Buhar daha sonra elektrik üretmek için geleneksel bir buhar türbininde kullanılır. Şu anda, şu anda geliştirilmekte olan üç güneş enerjisi sistemi bulunmaktadır: parabolik oluklar, elektrik kuleleri ve bulaşık / motor sistemleri. Bu teknolojiler bir termal aracı içerdiğinden, fosil yakıtlarla ve bazı durumlarda termal depolamayı kullanmak için uyarlanmış olarak kolayca hibritlenebilirler. Hibridizasyonun ve termal depolamanın birincil avantajı, teknolojilerin taşınabilir enerji sağlayabilir ve güneş enerjisinin olmadığı dönemlerde çalışabilmesidir. Hibridizasyon ve termal depolama, üretilen elektriğin ekonomik değerini artırabilir ve ortalama maliyetini düşürebilir.

3.7. Hidroelektrik

Hidroelektrik enerji olgun ve kanıtlanmış bir teknolojidir - yükseklikte tutulan sudaki potansiyel enerji düşerken kinetik enerjiye dönüştürülerek elektrik üretmek için bir türbini döndürür. Muhtemelen yenilenebilir enerjiden faydalanmanın en eski yöntemidir ve şu anda dünya elektriğinin% 15'ini oluşturan dünyanın en büyük yenilenebilir elektrik kaynağıdır. (Factsheet, 2003) . Uluslararası Hidroelektrik ve Barajlar Dergisi tarafından 1997'de yapılan bir anket, suyun 63 ülkede ulusal elektrik üretiminin en az yüzde 50'sini ve 23 ülkede en az yüzde 90'ını sağladığını buldu. Yaklaşık 10 ülke, Norveç, birkaç Afrika ülkesi, Butan ve Paraguay da dahil olmak üzere ticari elektriğinin tamamını sudan alıyor.

Dünyada yaklaşık 700 GW hidroelektrik santrali çalışmakta ve yılda 2600 TWh (dünya elektrik üretiminin yaklaşık yüzde 19'u) üretilmektedir. Bu kapasitenin ve üretimin yaklaşık yarısı, Avrupa ve Kuzey Amerika'da olup, toplam su kullanımının yüzde 32'sinde Avrupa, yüzde 23'ünde ise Kuzey Amerika'dır. Bununla birlikte, bu oran Asya ve Latin Amerika'nın büyük miktarda yeni su kapasitesi sağlaması nedeniyle azalmaktadır.

Küçük, mini ve mikro hidroelektrik santralleri (genellikle sırasıyla 10 MW, 2 MW ve 100kW'den az bitkiler olarak tanımlanmaktadır), ayrıca kırsal elektrifikasyon için birçok ülkede önemli bir rol oynamaktadır.



Şekil 3.8. Hidroelektrik Santral

3.7.1. Kapasite ve Potansiyel

Dünyada, özellikle Asya, Latin Amerika ve Afrika'nın gelişmekte olan ülkelerinde yeni hidroelektrik santraller için keşfedilmemiş bir potansiyel mevcutken, en iyi alanların çoğu zaten Avrupa ve Kuzey Amerika'da geliştirilmiştir.

Küçük, mini ve mikro hidroelektrik santrallerin geliştirilmesinde de önemli ve yaygın bir faaliyet vardır. En az kırk ülkede, özellikle de Asya ve Avrupa'da, yapım aşamasında olan tesisler bulunmaktadır. Ayrıca Çin, Brezilya, Kanada, Türkiye, İtalya, Japonya ve İspanya'nın 100 MW'tan fazla yeni kapasiteli tesis planları bulunmaktadır.

3.7.2. Küçük Hidro

Küçük ölçekli hidro esas olarak "nehrin akışıdır", bu nedenle büyük barajların ve rezervuarların yapımını içermez. Ayrıca, fosil yakıtların değiştirilmesi üzerinde daha acil bir etki yaratma kapasitesine sahiptir, çünkü diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının aksine, genellikle talep üzerine bir miktar depolama veya yedekleme sistemlerine ihtiyaç duymadan elektrik üretebilir (en azından yılın yeterli zamanlarında yeterli su akışı olduğunda). Ayrıca birçok durumda fosil yakıtlı enerji santralleri veya uzak kırsal alanlar için dizel kaynaklı enerji için uygun maliyetlidir.

Küçük hidro, dünyanın birçok yerinde büyük ve henüz keşfedilmemiş bir potansiyele sahiptir. Daha çok geliştirme ve optimizasyon için büyük ölçüde kanıtlanmış ve gelişmiş teknolojiye dayanmaktadır. En düşük maliyetli hidro, genellikle yüksek kafa hidroliğidir, çünkü kafa ne kadar yüksek olursa, belirli bir güç seviyesi için gereken su akışı o kadar az olur ve bu nedenle daha küçük ve daha az maliyetli ekipman gerekir. Bu, dağlık bölgeleri çok çekici alanlar haline getirirken, aynı zamanda düşük nüfus yoğunluğu olan alanlarda olma eğilimindedir ve bu nedenle düşük elektrik talebi ve uzun iletim mesafeleri genellikle düşük maliyet avantajını ortadan kaldırır. Öte yandan alçak-kafa hidro nispeten yaygındır ve aynı zamanda elektrik talebinin olduğu nüfus konsantrasyonlarında ya da yakınında bulunma eğilimindedir.

3.7.3. Çevresel ve Sosyal Etkiler

Her ne kadar hidroelektrik genellikle temiz bir enerji kaynağı olarak kabul edilse de, sera gazı emisyonlarından (GHG) tamamen yoksun değildir ve çoğu zaman önemli olumsuz sosyo-ekonomik etkileri olabilir. Büyük ölçekli barajların fosil yakıtlı enerji santrali ile karşılaştırıldığında genel sera gazı emisyonlarını azaltmadığı yönünde tartışmalar vardır. Bir barajın inşa edilmesi için, yoğun olarak yaşayan kırsal alanda, genellikle fakir, yerli halkların büyük ölçüde yerinden edilmesini içeren, önemli miktarda toprağın su altında kalması gerekir. Bu tür sosyal etkilerin azaltılması, projeye önemli bir maliyet teşkil eder; bu, daha önceden göz önüne alınmasa bile, göz önüne alındığında bile, projeyi ekonomik ve sosyal açıdan imkansız hale getirebilir.

Çevresel endişeler geçmiş deneyimlerin gösterdiği gibi oldukça önemlidir. Buna biyolojik çeşitlilik ve balık popülasyonlarında azalma, baraj verimliliğini büyük ölçüde azaltabilecek çökeltme ve nehir habitatını tahrip etme, düşük su kalitesi ve suyla ilgili hastalıkların yayılması dahildir. ABD'de, olumsuz çevresel etkileri nedeniyle birkaç büyük enerji üretim barajı hizmet dışı bırakılmaktadır. Bu konuların doğru bir şekilde ele alınması, hidroelektrik üretimi için genel maliyetlerin muazzam bir şekilde artmasına neden olacak ve daha sonra genellikle daha az rekabetçi hale getirilecektir. Büyük hidro endüstrisi hayatta kalmak istiyorsa, hem maliyet tahmini hem de proje uygulaması konusundaki zayıf kaydıyla başa çıkması gerekiyor.

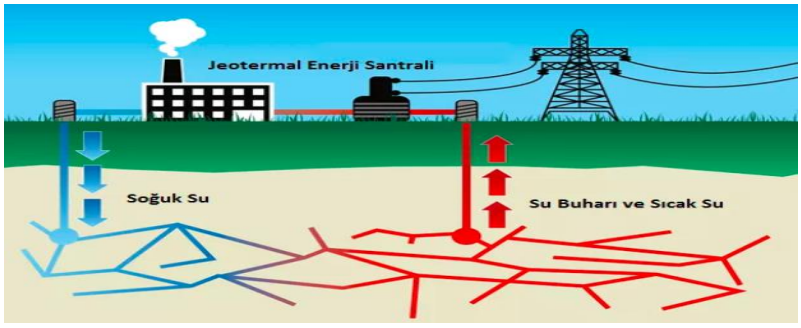
Sonuç olarak; hidroelektrik dünya çapında önemli bir elektrik kaynağıdır ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde büyümeye devam edecektir. Büyük barajlar çok daha riskli bir yatırım haline gelse de, dünyadaki küçük hidro projeleri için hala kullanılmamış bir potansiyel olarak kalmaktadır. Hidroelektrik büyümesinin devam etmesi beklenir, ancak 70'lerin ve 80'lerinkinden daha yavaş bir oranda. Bu nedenle, bugün yüzde 19 olan birincil enerji kaynakları portföyündeki hidroelektrik oranının gelecekte düşmesi beklenmektedir. Hidroelektrik temiz bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak rolünün sürdürülmesi için baraj yapılarında, türbinlerde, jeneratörlerde, trafo merkezlerinde, iletim hatlarında ve çevresel etki azaltma teknolojisinde iyileştirmeler ve verimlilik önlemlerine ihtiyaç vardır.

3.8. Jeotermal Enerji

Yeryüzündeki doğal ısı olan jeotermal enerji, Dünya'nın çekirdeğinde kalan antik ısıdan, kıtasal plakaların birbirinin altına kaydığı sürtünmeden ve tüm kayalarda az miktarda doğal olarak meydana gelen radyoaktif elementlerin çürümesinden kaynaklanmaktadır. Binlerce yıldır, banyo, pişirme ve ısıtma için bunları kullanan sıcak su kaynaklarından ve buhar deliklerinden faydalanmışlardır. Bu yüzyıl boyunca, teknolojik gelişmeler hidrotermal rezervuarların yerini belirleyip delmeyi, buhar veya sıcak suyu yüzeye çıkarmayı ve ısıyı doğrudan (mekan ısıtma, su ürünleri yetiştiriciliği ve endüstriyel işlemler için) kullanmak veya dönüştürmek için mümkün ve ekonomik hale getirmiştir.

Bilim adamları, dünya kabuğunun en üst 10 kilometresinde yer alan ısının sadece yüzde 1'inin, dünyanın tüm petrol ve gaz kaynaklarında bulunan enerjinin 500 katına denk olduğunu tahmin ediyorlar. Bununla birlikte, bu ısının pratik olarak tükenmeyen miktarlarda mevcut olmasına rağmen, eşit olmayan bir şekilde dağılır, nadiren konsantre olur ve genellikle endüstriyel ve ekonomik olarak sömürülemeyecek kadar büyük derinliklerde bulunur.

Jeotermal enerji, hem elektrik üretimi hem de doğrudan kullanım için ticari olarak 70 yıldır üretilmektedir. Kullanımı son 30 yılda hızla artmıştır ve 1975 - 1995'ten itibaren dünya genelinde elektrik üretimi için büyüme oranı yılda yaklaşık yüzde 9 ve jeotermal enerjinin doğrudan kullanımı için yılda yaklaşık yüzde 6 olmuştur. 1997 yılında 80'den fazla ülkede jeotermal kaynaklar tespit edildi ve en az 46 ülkede jeotermal kullanımının miktarları kaydedildi.



Şekil 3.9. Jeotermal Elektrik Santrali Çalışma Prensibi

3.8.1. Kapasite ve Potansiyel

Sömürülebilen jeotermal sistemler birçok ortamda meydana gelir. Konvansiyonel enerji üretimi için kullanılan yüksek sıcaklık alanları temel olarak yüksek jeolojik aktiviteye sahip bölgelerde ortaya çıkar. Doğrudan ısıtma için düşük sıcaklık kaynakları çoğu ülkede bulunabilir ve şimdi yeni geliştirilen toprak kaynaklı ısı pompaları kullanılarak da erişilebilir.

3.8.2. Çevresel Etkiler

Jeotermal akışkanlar, bazı hidrojen sülfitli ve daha küçük oranlarda amonyak, cıva, radon ve bor içeren büyük oranda azot ve karbondioksit içeren gaz konsantrasyonlarını içerir. Bu kimyasalların çoğu, genellikle delme deliklerine geri enjekte edilen bertaraf suyuna konsantre edilir, böylece ortama minimum salınım sağlanır. Gazların konsantrasyonları genellikle zarar vermeyecek kadar düşüktür veya zehirli gazların azaltılması mevcut teknoloji ile yönetilebilir.

Karbondioksit buhardaki yoğuşmayan gazların ana bileşenidir, ancak kWh başına atmosfere salınım, doğal gaz, petrol veya kömür yakıtlı elektrik santralleri için verilen rakamların oldukça altındadır. Hidrojen sülfit, jeotermal tesislerde en büyük endişe verici kirleticidir, ancak kontrolsüz yayılan sülfür bile kömürle çalışan bir tesisten yayılanın yarısı kadardır. Genel olarak, jeotermal enerji gelişiminin çevresel etkilerini kontrol edebilen mevcut teknoloji ile göreceli olarak iyi huylu bir enerji kaynağı olduğu düşünülmektedir.

Özetlenecek olunursa; belirtildiği gibi jeotermal her yerde, özellikle endüstriyel ölçekte elektrik enerjisi üretimi için gerekli kaynaklarla kullanılamaz. Bununla birlikte, jeotermal enerji genellikle konvansiyonel enerji kaynaklarıyla düşük maliyetlidir ve kanıtlanmış konvansiyonel teknoloji ile üretilir. Güvenilirdir ve geçen yüzyılın yarısından fazlasında büyük belediye bölgelerini ısıtmak ve yüzlerce megawatt elektrik üreten enerji santrallerini beslemek için kullanılmıştır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde genişlemeye devam etmek için güçlü bir potansiyele sahiptir ve azaltmaya katkıda bulunabilecek temiz bir enerji kaynağıdır. Yakın vadede, jeotermalin gelecekteki gelişiminin önümüzdeki birkaç on yıl boyunca bir köprüleme işlevinin yerine getirilmesine yardımcı olabileceği, diğer

modern temiz yakıt teknolojileri ve yenilenebilir enerji kaynaklarının dünya enerji arzında anlamlı bir pay sağlayacak kadar olgunlaştığı düşünülmektedir.

3.9. Sonuçlar

Bu bölümde ele alınan yenilenebilir enerji kaynaklarının sonuçları şöyle sıralanabilir.

1) Yenilenebilir enerji vaadinin artık bir gerçeklik haline geldiğini düşünüyoruz. Hem güneş fotovoltaikleri hem de rüzgar enerjisi, hızlı satış büyümesi, azalan sermaye maliyetleri ve üretilen elektrik maliyetleri ile sürekli performans artışları yaşıyor.

2) Bu gelişmelerden ötürü, günümüzde hem devlet hem de tüketici, piyasadaki yeniliklerden ve gelişmekte olan piyasalardan faydalanabilme fırsatına sahiptir. Bu kaynakların geliştirilmesi ve kullanılması, enerji tedarik pazarlarındaki çeşitliliği artırabilir. Uzun vadeli sürdürülebilir enerji kaynaklarının sağlanmasına katkıda bulunabilir. Yerel ve küresel atmosfer emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunabilir. Özellikle enerji hizmetlerine özel ihtiyaçları karşılamak için ticari olarak cazip seçenekler sunarbilir. Tüm bunlardan dolayı gelişmekte olan ülkeler ve kırsal bölgeler için yeni istihdam fırsatları yaratmaktadır ve yaratmaya devam edecektir.

3) Yenilenebilir enerji kaynaklarının ve teknolojilerinin karışıma entegrasyonu, fosil yakıt pazarlarının döngüsel yapısını daha da iyileştirmeye yardımcı olabilir. Yenilenebilir enerjiler büyümeye ve rekabet etmeye devam edebilecekleri bir zemin oluşabilir.

4) Yenilenebilir enerjilerin enerji üretim sistemlerine yaratıcı entegrasyonu için birçok fırsat vardır. Bunlar, kombine fosil ve biyokütle yakıtlı türbinleri ve aralıklı yenilenebilir sistemlerin kombinasyonlarını ve tamamlayıcı kapasite profillerine sahip taban yükü geleneksel sistemleri içerir. Bu gibi stratejiler, uzak bölgelerde şebeke dışı yenilenebilir sistemlerin geliştirilmesiyle bağlantılı olarak, uzun yıllar boyunca yenilenebilir ve diğer CET'ler için sürekli satış büyümesi sağlayabilir.

5) Bununla birlikte, şu anda yenilenebilir ve diğer CET'ler için inovasyon yatırımı oranları ve seviyeleri çok düşüktür. Bu durum, enerji üretiminin toplumsal maliyetlerini göz ardı eden piyasa kusurları nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Bu durum, firmaların, Ar-Ge yatırımlarının

inovasyon için değerini tam olarak karşılayamamaktadır. Yeni teknolojilerin her zaman belirsiz performansı ve dolayısıyla daha büyük risklerle karakterize edilir. Bu konular, çeşitli pazar dönüşümü programları aracılığıyla yenilenebilir enerji teknolojileri için piyasaların gelişmesinde kamu sektörün bir rol oynadığı bilinmektedir.

6) Mevcut enerji üreticilerinin yeni yenilenebilir enerji piyasalarını yakalamak için en iyi konumda oldukları bellidir. Bu üreticiler, gerekli sermayeye sahipler ve yatırım yapmaları yenilenebilir enerji teknolojileri gelişmesine çok katkı sağlayacaktır. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin enerji üretim sistemlerine verimli bir şekilde dahil edilmesinin ve entegrasyonunun olması çok fayda sağlar. Bu durumda, kamu sektöründen teşvikle birlikte, gelecekte yenilenebilir enerji sistemlerine büyük ölçüde bir yol sağlayabilir. Böylece daha çevreci ve sosyal olarak sürdürülebilir bir durumda insanlara, ekolojik sağlık ve refah gibi, birçok yönden yararları olacaktır.

BÖLÜM 4

NANOPARÇACIKLARIN BOYUT, ŞEKİL VE SICAKLIK ETKİLERİ

4.1 Giriş

Nanobilim ve nanoteknoloji, modern bilimsel ve teknolojik literatürde en çok kullanılan terimler arasındadır. Nanoteknoloji fikri, ilk kez 29 Aralık 1959'da Caltech'teki Amerikan Fiziksel Toplum toplantısında fizikçi Richard Feynman'ın verdiği "Altta bir sürü yer var" adlı ünlü konuşmada ortaya çıktı. Tek tek atomları ve molekülleri manipüle etme kabiliyeti geliştirilebilir. Buna göre orantılı olarak daha küçük bir set kurmak ve çalıştırmak için bir takım hassas araçlar kullanılır ve bu şekilde gerekli skalaya kadar düşürülür. Bu süreçte, ölçekleme sorunlarının çeşitli fiziksel olayların değişen büyüklüğünden kaynaklanacağını Feynman belirtti. Yerçekimi daha az önemli hale gelirken, yüzeysel etkiler giderek daha önemli hale gelecektir.

Nanoteknoloji terimi, başlangıçta Taniguchi Norio tarafından 1974 yılında şöyle tanımlandı. "Nano teknoloji, esas olarak malzemelerin bir atom veya bir molekül tarafından ayrıştırılması, birleştirilmesi ve deformasyon işleminden oluşur". Nanoteknoloji ve nanobilim, 1980'lerin başında iki büyük gelişme ile başladı. Bunlardan birincisi hesaplama gücünün artmasıdır. İkincisi ise malzeme modellemesindeki ilerlemelerdir.

Nanobilim ve nanoteknoloji alanı şimdi çok hızlı bir şekilde büyüyor. İngiltere Kraliyet Topluluğu'na göre, nanobilim, fenomenlerin incelenmesi ve malzemelerin atomik, moleküler ve makro-moleküler ölçeklerde manipülasyonu olarak tanımlanmaktadır. Nanomalzemeler, nanobilim ve nanoteknoloji arasındaki sınırı geçmekte ve bu iki alanı birbirine bağlamaktadır. Genel olarak nanomalzemeler, en az bir boyutta 100 nanometre veya

daha küçük boyutlarla ilgilidir. Nano yapıların malzeme özellikleri, hacim oranı yüksek yüzey alanı ve nano ölçekte olası kuantum etkilerinin ortaya çıkmasından dolayı bulk yapıdan farklıdır. Malzeme özellikleri üzerindeki büyüklük ve şekil etkilerinin incelenmesi bilimsel ve endüstriyel önemi olmalarından dolayı büyük ilgi görmüştür.

Bu nedenle, hızla gelişen nanobilim ve nanoteknoloji alanında takip edilen en yeni ve aktif alanları belirlemek ve onları bilimsel topluluğa vurgulamak her zaman önemlidir. Böylece, bu alanı kapsayan ve aktif olarak araştırılan, birbiriyle yakından ilişkili çeşitli alanları öne çıkarmaktadır. Bu konuda ortaya çıkan makaleler temalarına göre gruplandırılmıştır. Örneğin, mekanik ve katalitik özellikler üzerindeki boyut etkileri gibi.

Bu konuda yapılan önemli çalışmalardan bahsetmek faydalı olacaktır. Boyutun, DFT hesaplamaları kullanılarak, kuantum noktalarının yapısal ve elektronik özelliklerine etkisinin incelendiği “B ve P katkılı silikon kuantum noktalarının birinci prensip çalışması” konulu çalışma J. Zeng ve H. Yu tarafından yapılmıştır. Onlar kuantum noktalarındaki yapısal bozulmaların hem katkının türüne hem de noktaların boyutuna bağlı olduğunu buldular. F. Delogu ve M. Moscia tarafından "Ag-Cu nanorods'da" Kübik-tetragonal faz geçişleri" başlıklı makale, Ag-Cu nanoalaşımının yapısal faz geçişine ilişkin moleküler dinamik simülasyon sonuçlarını açıklar. W. W. Zhang ve arkadaşları, aynı zamanda bir hesaplama yaklaşımı kullanarak, silikon nanotellerinde rezonans frekanslarının boyutuna bağımlılığını araştırmışlar ve moleküler dinamik simülasyonları, küçük boyutlarda, yüzey rekonstrüksiyonunun nanotellerin titreşim özelliklerini büyük ölçüde etkilediğini göstermişler. Bu sonuçlar “İki katlı kelepçeli silikon nanotellerin titreşim davranışının moleküler dinamiklerle incelenmesi” başlıklı makalede bulanabilir. C. H. Wong ve V. Vijayaraghavan'ın makalesi Moleküler dinamik simülasyonları kullanarak tek ve çift duvarlı karbon nanotüplerin nanomekaniğidir.

Elastik özellikleri inceleyen D. X. Lei, “kayma yükü altında yüzey gerilimi etkileriyle nano-temas problemi için elastik analiz” başlıklı çalışmasında, nano kontaktların özelliklerini incelemek için daha analitik bir yaklaşım benimsemiştir. Mikroişlemcinin mekanik davranışı X. Wang ve F. Wang tarafından “Mikroişlemci plakasının boyuta bağlı dinamik davranışı” konulu makalede incelenmiştir. D. Bracho ve ark. silika nanoparçacıklarının,

nanokompozitlerin mekanik özelliklerinin silis parçacıklarının boyutuna bağımlılıklarını rapor ettikleri “polipropilen nanokompozit uygulamaları için silika nanopartiküllerinin işlevselleştirilmesi” başlıklı yayında nanokompozitlerin hazırlanmasında kullanımını araştırmışlardır. Galyum nitrürün erime sıcaklığına boyut ve şekil bağımlılıkları, D. Arivuoli ve P. Antoniammal tarafından tartışılırken, nano-manyetiklerdeki ferromanyetizmanın boyut ve şekil bağımlılığı, Y. Li ve ark. tarafından araştırılmıştır. “Sonoelektrodeposition tarafından hazırlanan FePt nanopartiküllerinin manyetik özellikleri” başlıklı makkalede Sonoelektrodeppozisyon yöntemini, büyük miktarlarda ferro manyetik Fe_{45} Pt_{55} nanoparçacıklarının başarılı bir şekilde sentezlenmesi için kolay bir yöntem olarak N. H. Nam ve ark.'rı tarafından tarif edilmiştir. Hipertermi için potansiyel uygulamalara sahip olabilen Fe_3O_4 manyetik nanoparçacıkların sentezi ve kolloidal stabilitesi, A.L. Andeade ve ark.nın "Tetrametilamonyum hidroksitin çekirdeklenme, yüzey modifikasyonu ve büyümesi üzerindeki etkisi" çalışmalarında vurgulanmıştır. “Kitosanla kaplı manyetik nanopartiküllerin hazırlanması için tek adımlı metotta” K.M. Gregorio-J auregui ve ark. manyetik nanoparçacıkların üretimi için başka bir basit yöntem önerilmiştir. Camsı karbon üzerinde desteklenen altın nano partiküllerin katalitik özelliklerinde boyutun etkisi, glükoz elektro-oksidasyonu için "Camsı karbon elektrot destekli Au nanoparçacıkları" başlıklı makalede M. Guerra-Balćazar et. ark tarafından incelenmiştir.

Büyüklüğün ve şeklin altın nanopartiküllerin toksisitesi üzerindeki etkisi Y. Zhang ve ark. Platin nanopartiküllerin katalitik özellikleri çalışmışlardır. J. R. Applegate ve ark. “Mikro ölçekli yanma için platin nanopartiküller kullanılarak metanol-hava karışımının katalizörü” başlıklı makale yayınlanmıştır. M. M. Mahlambi ve ark. m-TiO_2 nanokatalitörün, ışınlama enerjisinin kaynağı olarak güneş enerjisi kullanarak kirleticilerin ayrıştırılması için su arıtma işlemlerinde kullanılma potansiyeline sahip olduğunu göstermişlerdir. N. Saheb et ark. tarafından “Metallerin ve metal matriks nanokompozitlerin kıvılcım plazma sinterlenmesi” derlemesidir. Kıvılcım-plazma sinterleme işlemini, çok çeşitli metaller, alaşımlar ve metal matriks nanokompozitlerini başarıyla üretmek için etkili bir yöntem olarak tarif eder. ”K.M. Gregorio-J auregui ve ark. manyetik nanoparçacıkların üretimi için başka bir basit yöntem önerdiler.J. Koruza ve ark. “$NaNbO_3$ nanotozların yukarıdan aşağıya

işlenmesi" adlı makalede, parçacıkların boyutu üzerinde adil bir kontrolle nanotozlar üretmek için basit bir yöntem oluşturulması üzerinde duruldu.

Kuantum noktalarının sentezi K. Lemke ve J. Koetz tarafından "Ters mikroemülsiyonlarda boyutlandırılmış polikatyon kaplı CdS kuantum noktaları" adlı çalışmada tartışılmıştır. Zn-ZnO çekirdek kabuğu parçacıklarının sentezi Lopez ve ark. tarafından açıklandı. Optik özellikleri matriks içine yerleştirilmiş silikon nanopartiküller A. Coyopol ve ark. tarafından incelenmiştir. Farklı çaptaki ZnS Nanopartiküllerinin termolüminesans özellikleri, "ZnS nanopartiküllerinin TL emisyonu üzerinde partikül büyüklüğü etkisi ve kinetik parametrelerinin belirlenmesi" başlıklı makalede L. R. Singh ve S. D. Singh tarafından çalışılmıştır. İki farklı $Ti0_2$ nanokristal tipinin ışık ışıması altında reaktif oksijen türlerinin üretimi L. Fruk ve ark. tarafından incelenmiştir. Etilen gazının tespiti için $Sn0_2$ nanoparçacıkları kullanılarak pasif bir kapasitör sensörü, M. Agarwal et ark. tarafından yapışmıştır (Deepak, Guisbiers, Roselas, 2012).

Yapılan bu çalışmalar; sadece araştırılan sistemlerin doğası, sentezi ve ölçüm için kullanılan tekniklerle ile ilgili değil, aynı zamanda özelliklerinin boyut üzerindeki etkilerine vurgu yapmakla da bağlantılıdır. Bununla birlikte, boyuta bağımlılık çalışmaları hem zorlukları hem de fırsatları sunduklarından dolayı yaşadığımız çağda heyecan vericidir. Yeter ki uygun yaklaşımlar kullanarak gerekli hesaplamalar yapılabilsin.

4.2 Nanomalzemelerde Termal İletkenlik

Serbest yüzey atomları, bir maddenin bulk atomlarından farklıdır ve yüzey yerelindedir. Bu nedenle, bu atomlarla ilişkili enerji, bulk yapının enerjisinden farklı olacaktır. Yüzey atomlarıyla paylaşılan ekstra enerjisiye yüzey enerjisi denir. Yüzey serbest enerjisi tipik olarak geleneksel süreklilik mekaniğinde ihmal edilir. Çünkü yüzeye yakın yalnızca birkaç atom katmanıyla ilişkilidir ve yüzey atomları tarafından işgal edilen hacmin oranı ve ilgilenilen malzemenin toplam hacminden çok küçüktür. Nanomalzemeler üzerindeki boyut ve şekil etkilerinin incelenmesi bilimsel ve endüstriyel önemlerinden dolayı büyük ilgi görür. Bu malzemelerde ısı iletkenliğinin hesaplanması temel bir özelliktir (Devlal, Hlabana, Singhal, Singh, 2015).

İç atomların ve nanomalzemelerin yüzey atomlarının katkılarına bağlı olarak enerjinin toplamı, nanokatıların erime sıcaklığına boyut etkisi olarak ifade edilen kohesif enerjiye bağlı olarak,

$$E_t = E_0(n-N) + \frac{1}{2}E_0 N \tag{4.1}$$

formunda tanımlanır. Burada n nanokatı içindeki toplam atom sayısı ve N yüzey atomlarının sayısıdır. Bu nedenle, (n - N) nanomalzemelerdeki toplam iç atom sayısıdır. E_0, atom başına bulk malzemesinin kohesif enerjisidir. Böylece Denklem (4.1),

$$E_p = E_b(1-\frac{N}{2n}) \tag{4. 2}$$

şeklinde tekrar yazılabilir. Burada E_p, AE_t/n tarafından verilen nanomalzemenin mol başına kohesif enerji ve A Avogadro sayısıdır. $E_b = AE_0$ tarafından verilen karşılık gelen bulk malzemenin mol başına kohesif enerjisidir. Nanomalzemelerin erime noktası ile bulk arasındaki ilişki,

$$T_p = T_b(1-\frac{N}{2n}) \tag{4. 3}$$

formunda ifade edilmiştir. Bulk malzemelerin ısıl iletkenliği ise;

$$k_b = (\frac{1}{3})cv_b l_b \text{ ,} \tag{4.4}$$

ifade ile verilir. Burada, c, özgül ısı ise, v_b ortalama fonon hızıdır ve l_b, ortalama serbest yoldur. Isı iletkenlik özgül ısıya, ortalama fonon hızına ve ortalama serbest yola bağlıdır. Oda sıcaklığında, belirli sıcaklığın sabit olduğunu varsayıldı. Nanomalzemelerin termal iletkenliğine v_p ve l_p'nin büyüklüğüne bağlı olduğunu düşünüldü. Bu durumda nanomalzeme termal iletkenliği,

$$k_p = (\frac{1}{3})cv_p l_p \tag{4.5}$$

ifade edilebilir.

$k_b = (\frac{1}{3})cv_b l_b$ ve $k_p = (\frac{1}{3})cv_p l_p$ 'ü birleştirerek,

$$\frac{k_p}{k_b} = \frac{v_p l_p}{v_b l_b} \tag{4.6}$$

formu elde edilir. Debye sıcaklığı, kristal olarak ifade edilebilen kristalin ortalama fonon hızıyla orantılıdır.

$$\theta_b \propto \frac{2h}{\pi k_B}\left(\frac{3N_A}{4\pi V}\right)^{1/3} \upsilon_b \tag{4.7}$$

Benzer şekilde nanomalzemeler için;

$$\theta_p \propto \frac{2h}{\pi k_B}\left(\frac{3N_A}{4\pi V}\right)^{1/3} \upsilon_p \tag{4.8}$$

formu yazılabilir. Burada, h, Planck'ın sabitidir, N_A, Avogadro'nun numarasıdır, kB, Boltzmann'ın sabitidir ve V, molar hacimdir.

$\theta_b \propto \frac{2h}{\pi k_B}\left(\frac{3N_A}{4\pi V}\right)^{1/3} \upsilon_b$ ve $\theta_p \propto \frac{2h}{\pi k_B}\left(\frac{3N_A}{4\pi V}\right)^{1/3} \upsilon_p$ **e**şitleri birleştirilerek;

$$\frac{\upsilon_p}{\upsilon_b} = \frac{\theta_p}{\theta_b} \tag{4.9}$$

ifadesi elde edilir. Erime noktası ve Debye sıcaklığı arasındaki ilişki Lindemann'ın orantısından elde edilebilir. Bu teoriye göre, bir atomun kök ortalama kare yer değiştirmesi kristal içindeki interatomik mesafenin belirli bir bölümünü aştığında bir kristal eritilecektir. Özel ısı teorisini Lindemann'ın erime formülü ile birleştirerek, karakteristik sıcaklık karesi kristalin erime noktasıyla orantılıdır. Bu nedenle, bulk malzemenin Debye sıcaklığı şu şekilde yazılabilir:

$$\theta_b^2 \infty \left(\frac{T_b}{MV^{2/3}} \right) \tag{4.10}$$

Benzer şekilde bir nanomalzeme için;

$$\theta_P^2 \infty \left(\frac{T_P}{MV^{2/3}} \right) \tag{4.11}$$

İfade edilir. Burada M moleküler kütledir. Denklem. (4.9) ve (4.10) denklemlerinden;

$$\left(\frac{\theta_P^2}{\theta_b^2} \right) = \frac{T_p}{T_b} O_r \left(\frac{\theta_p}{\theta_b} \right) = \left(1 - \frac{N}{2n} \right)^{1/2} \tag{4.12}$$

yazılabilir. Ortalama serbest yol için,

$$\left(\frac{l_p}{l_b} \right) = \frac{T_p}{T_b} \tag{4.13}$$

ifadesi vardır. Bu nedenle, (4.9) - (4.12) ve (4.6) denklemlerden,

$$k_p = k_b \left(\frac{T_P}{T_b} \right)^{3/2} \tag{4.14}$$

ifadesine ulaşılabilinir. Böylece nanomalzemelerin ısıl iletkenliği için son ifade,

$$k_p = k_b \left(1 - \frac{N}{2n} \right)^{3/2} \tag{4.15}$$

şeklini alır. Burada N / n değeri, küresel nanokatılar, nanoteller ve nanofilmler için sırasıyla 4d/D, 8d/3l ve 4d/3h, d, nanokatının çapıdır ve D, küresel nanokatıların çapıdır. Burada, l ve h sırasıyla, nanotelin çapı ve nanofilmin yüksekliğidir.

4.3 Nanomalzemelerde Termal Genleşme

Nanomalzemelerin, tüm bilim alanlarında bir sonraki teknolojik gelişimin ruhu olacağına inanılmaktadır. Nanomalzemeler, özellikle küçük boyutlarından dolayı bulk yapıdan önemli ölçüde farklılık gösterir. Sertlik, erime sıcaklığı, elastik modül ve elektronik yapı gibi çeşitli fiziksel özellikler tanecik boyutuna bağlı olabilir. Nanomalzemeler, nanoparçacıklar, nanoteller ve nanotüplerin karşılık gelen bulk yapı sayılarından belirgin şekilde farklı fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler gösterdiği bildirilmiştir.

Boyut ve sıcaklığın nanomalzemeler üzerindeki etkisini incelemek için birçok deneysel çalışmalar yapılması rağmen teorik çalışmalar çok azdır. Burada genişleme davranışını incelemek için basit bir teorik yaklaşım ele alınarak tanecik boyutu ve sıcaklık etkisi altında nanomalzemeler için bir hal denklemi (EoS) elde edilir. Bu denklem küresel nanokatılar, nanoteller ve serbest yüzeyli nanofilmler için V / V0 hesaplamak için kullanılır. (Madan Singh, Mahipal Singh, 2014).

Anderson Gruneisen parametresi,

$$\delta_T = -\frac{1}{\alpha B_T} \left(\frac{\partial B_T}{\partial T} \right)_P = \frac{V}{\alpha} \left(\frac{\partial \alpha}{\partial V} \right)_P \tag{4.16}$$

formunda verilir ve bulk modülü,

$$B_T = -V(\frac{\partial P}{\partial V})_T \tag{4.17}$$

şeklindedir. Wallace'ın vermiş olduğu Maxwell termodinamik ilişkisini kullanarak,

$$B_T(\frac{\partial \alpha}{\partial P})_T = \frac{1}{B_T}(\frac{\partial B_T}{\partial T})_P \tag{4.18}$$

ifadesi bulunur. (4.16) ve (4.17) denklemlerinden Anderson parametresi,

$$\delta_T = \frac{V}{\alpha}(\frac{\partial \alpha}{\partial V})_P \tag{4.19}$$

ayrıca tanımlanabilir. Entegrasyonda,

$$\frac{\alpha}{\alpha_0} = (\frac{V}{V_0})^{\delta_T} \tag{4.20}$$

elde edilir. Burada, a_0 ve V_0, sırasıyla oda sıcaklığında ve atmosferik basınçta termal genleşme katsayısı ve hacmidir. Denklem (4.20)'den,

$$\frac{\alpha}{\alpha_0} = (\frac{r}{r_0})^{3\delta_T} \tag{4.21}$$

formunu alır. Kumar, termik genleşme katsayılarının tanımını göz önünde bulundurarak r(T) ilişkisini sıcaklığın bir fonksiyonu olarak,

$$\alpha = \frac{1}{V}(\frac{dV}{dT}) \tag{4.22}$$

denklemini türetmiştir. Çözümleme de,

$$\frac{dr}{dT} = \frac{\alpha r}{3} \tag{4.23}$$

elde edilir. $V \propto r^3$ olarak, denklemler (4.22) ve (4.23) 'ten,

$$\frac{dr}{dT} = \frac{\alpha_0}{3}(\frac{r^{3\delta_T+1}}{r_0^{3\delta_T}}) \tag{4.24}$$

denklemi yazılabilir. Bu denklemin entegrasyonu,

$$r(T) = r_0\left(\frac{1}{1-\delta_T\alpha_0(T-T_0)}\right)^{1/3\delta_T} \tag{4.25}$$

ifadesini verir. Şimdi, denklemler (4.22) ve (4.25) 'den, termal genleşme katsayısı ifadesi,

$$\alpha(T) = \alpha_0\left(\frac{1}{1-\delta_T\alpha_0(T-T_0)}\right) \tag{4.26}$$

formunu alır. (4.21) ve (4.26) eşitliklerden,

$$V = V_0\left(\frac{1}{1-\delta_T\alpha_0(T-T_0)}\right)^{1/\delta_T} \tag{4.27}$$

elde edilir. Buradaki V, T ve 0 sırasıyla komutunun hacmi, sıcaklığı ve referans değeridir. Karbon nanotüpler (CNT) ve α'nın sıcaklık bağımlılığı,

$$\alpha = \alpha + bT + cT^2 \tag{4.28}$$

şeklindedir. Sınır koşulunu kullanılırsa (4.28) denklemi,

$$\alpha = \alpha + b(T-T_0) + c(T-T_0)^2$$

veya

$$\alpha = \alpha_0 + \alpha'_0(T-T_0) + \alpha''_0(T-T_0)^2 \tag{4.29}$$

formlarında yazılabilir. α ile T'nin birinci ve ikinci dereceden türevleri α' ve α'' ile tanımlanır. α'_0 ve α''_0 'nın α_0 'a bağlılıkları,

$$\alpha'_0 = \alpha_0^2\delta_T$$

ve

$$\alpha_0^{"} = \alpha_0^3 + \delta_T^2$$

şeklindedir. Bu durumda denklem (4.29),

$$\alpha = \alpha_0 + \alpha_0^2 \delta_T (T - T_0) + \alpha_0^3 \delta_T^2 (T - T_0)^2 \tag{4.30}$$

formu elde edilir. Aslında denklem (4.20) daha yüksek dereceli terimlerin hariç tutulduğu eksik bir denklemdir. Tüm yüksek dereceli terimlerin kullanılmasıyla,

$$\alpha = \alpha_0 + \alpha_0^2 \delta_T (T - T_0) + \alpha_0^3 \delta_T^2 (T - T_0)^2 + \alpha_0^4 \delta_T^3 (T - T_0)^3 + ...$$

veya

$$\frac{\alpha}{\alpha_0} = \left\{1 - \alpha_0 \delta_T (T - T_0)\right\}^{-1} \tag{4.31}$$

formunu verir. Bu denklemin kullanılması ile hacim,

$$V = V_0 \left(\frac{1}{1 - \delta_T \alpha_0 (T - T_0)}\right)^{1/\delta_T} \tag{4.32}$$

şeklini alır. Burada, α_0, termal genleşme katsayısının referans değeridir. Basit olması için, bunu boyut ve şekle bağlı bir parametre olan αp olarak yazabiliriz. Denklem (4.32) denklem (4.27) ile aynıdır. Bu ise kullanılan teorinin geçerliliğini haklı çıkarır. Kumar ve Kumar aq için denklem (4.16) - (4.18) ve termodinamik ilişkilere dayalı ilişkiyi,

$$\alpha_p = \alpha_b \left(1 - \frac{N}{2n}\right)^{-1} \tag{4.33}$$

şekilde türetmiştir. Burada N toplam yüzey atomu sayısıdır ve n toplam nanokatı sayısıdır. α_b, dökme malzemenin hacimsel termal genleşme katsayısıdır. Yüzey atomları nanokatıların ilk katmanına işaret eder. Nanomalzemelerin farklı şekilleri ve N / 2n ifadeleri, D küresel bir nanokatıların çapı, d atomun çapı, l nanotelin uzunluğu ve h nanofilmin yüksekliğidir. Bu durumda farklı nano malzemeler için V/V_0 ifadesi yazılabilir. Nanokatılar için V/V_0 ifadesi,

$$\frac{V}{V_0} = \left(\frac{1}{1-\delta_T \alpha_b \left(1-\frac{2d}{D}\right)^{-1}(T-T_0)}\right)^{1/\delta_T} \tag{4.34}$$

Nanoteller için V/V_0 ifadesi ,

$$\frac{V}{V_0} = \left(\frac{1}{1-\delta_T \alpha_b \left(1-\frac{4d}{3l}\right)^{-1}(T-T_0)}\right)^{1/\delta_T} \tag{4.35}$$

Nanofilmler için V/V_0 ifadesi ,

$$\frac{V}{V_0} = \left(\frac{1}{1-\delta_T \alpha_b \left(1-\frac{2d}{3h}\right)^{-1}(T-T_0)}\right)^{1/\delta_T} \tag{4.36}$$

formlarını alırlar.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

5.1 Giriş

Nanomalzemeler, nanobilim ve nanoteknolojinin temeli oluşturur. Nanoyapılı bilim ve teknoloji, son yıllarda dünya çapında beslenen geniş ve disiplinlerarası bir araştırma ve geliştirme alanı haline geldi. Özellikle yenilenebilir enerjilere ilginin artması ile bu malzemelerin önemi de artmıştır ve her geçen gün artmaya devam edecektir. Nanomalzemeler heyecan vericidir, çünkü tipik teoriler tarafından açıklanamayan güçlü şekil ve boyut etkileri sergilerler. Bu etkileri iki faklı durumda incelemek faydalı olacaktır.

Bunlardan birincisi, yüzey etkilerine dayanarak, boyuta bağlı atomik yapıyı temel alan bazı nanomalzemelerin termal iletkenliğininin hesaplanmasıdır. İkincisi ise nanomalzeme hacim oranlarının sıcaklığa bağlı değişimlerini hesaplamaktır. Bu hesaplamalar nanokatılar, nanoteller ve nanofilmlerde yapılmıştır. Nanokristallerin yüzeyler arası hacim oranı büyüktür. Yüzey etkileri normalde bulk malzemeler için önemsiz olmasına karşın bunlarda oldukça önemli bir yer tutar. Bazı nano ölçekli malzemeler, diğer malzemelerde gözlemlenemeyen birçok ilginç kimyasal ve fiziksel özellik sergiler. Bu tür yapıların bağ ve bağlanma enerji yoğunlukları önemlidir. Ayrıca metalik nanoyapıların olağandışı davranışlarını anlamak için yüzey gerilimi, yüzey gevşemesi, yüzey gerilim dayanaklığı, kafes titreşim dengesizliği ve yüzey fonu dengesizliği gibi çeşitli modeller vardır.

Hesaplamalar 4 farklı yapıya sahip malzemeler için yapılmıştır. Bunlar sırası ile cisim merkezli kübik(BCC), yüzey merkezli kübik(FCC), hekzogonal kapalı paket(HCP) ve açık grup(open) şeklindedir.

5.2. Nanomalzemelerde Termal İletkenlik Hesaplamaları

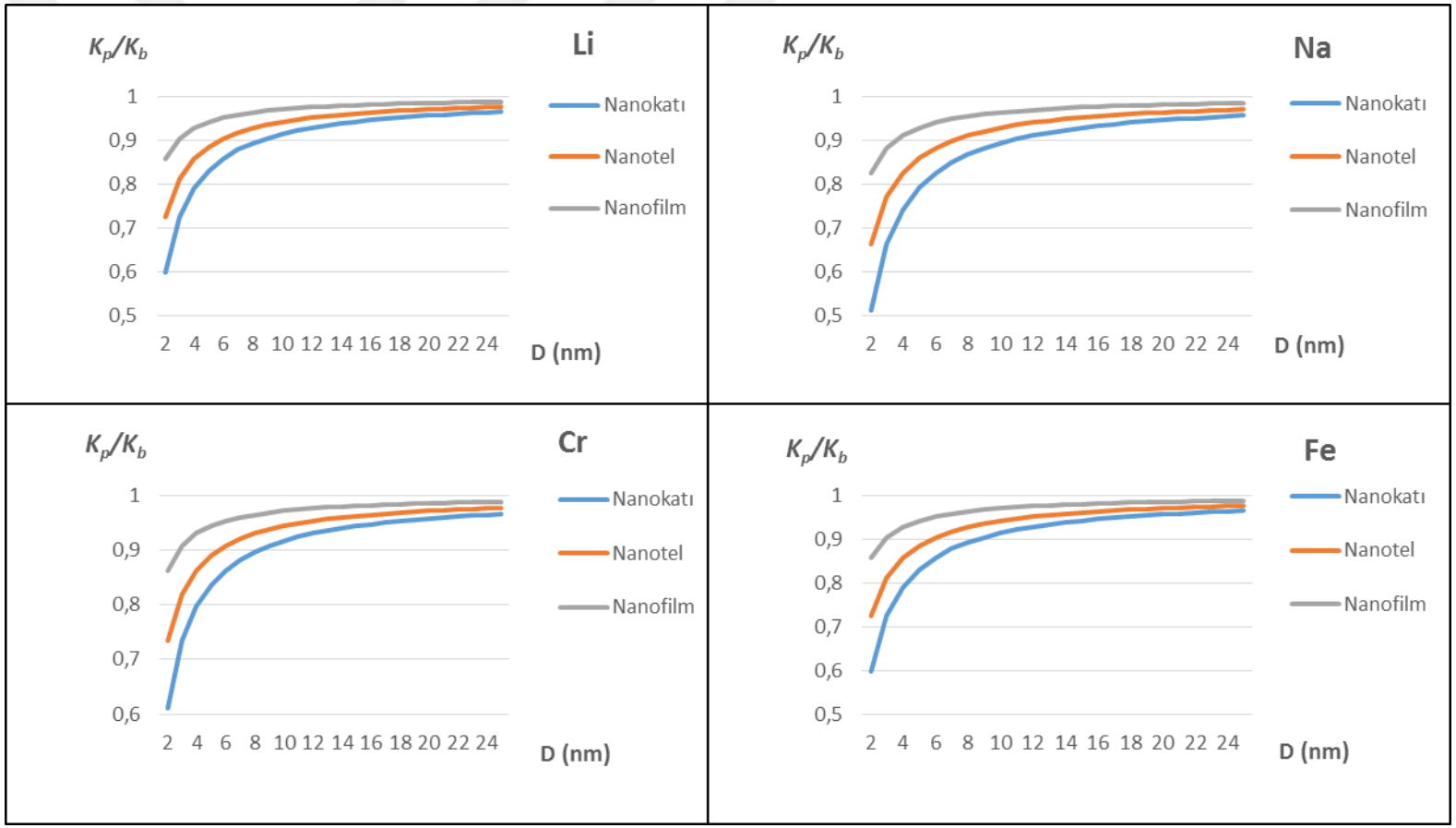
BCC yapıya sahip ele alınan nano materyallerin giriş parametreleri Çizelge 5.1'de verilmiştir. Tüm çizelgelerde giriş parametreleri A.C. Lawson'un Physics of the Lindemann melting rule çalışmasından alınmıştır (A.C. Lawson).

Çizelge 5.1 BCC yapısındaki nano malzemelerin giriş parametreleri

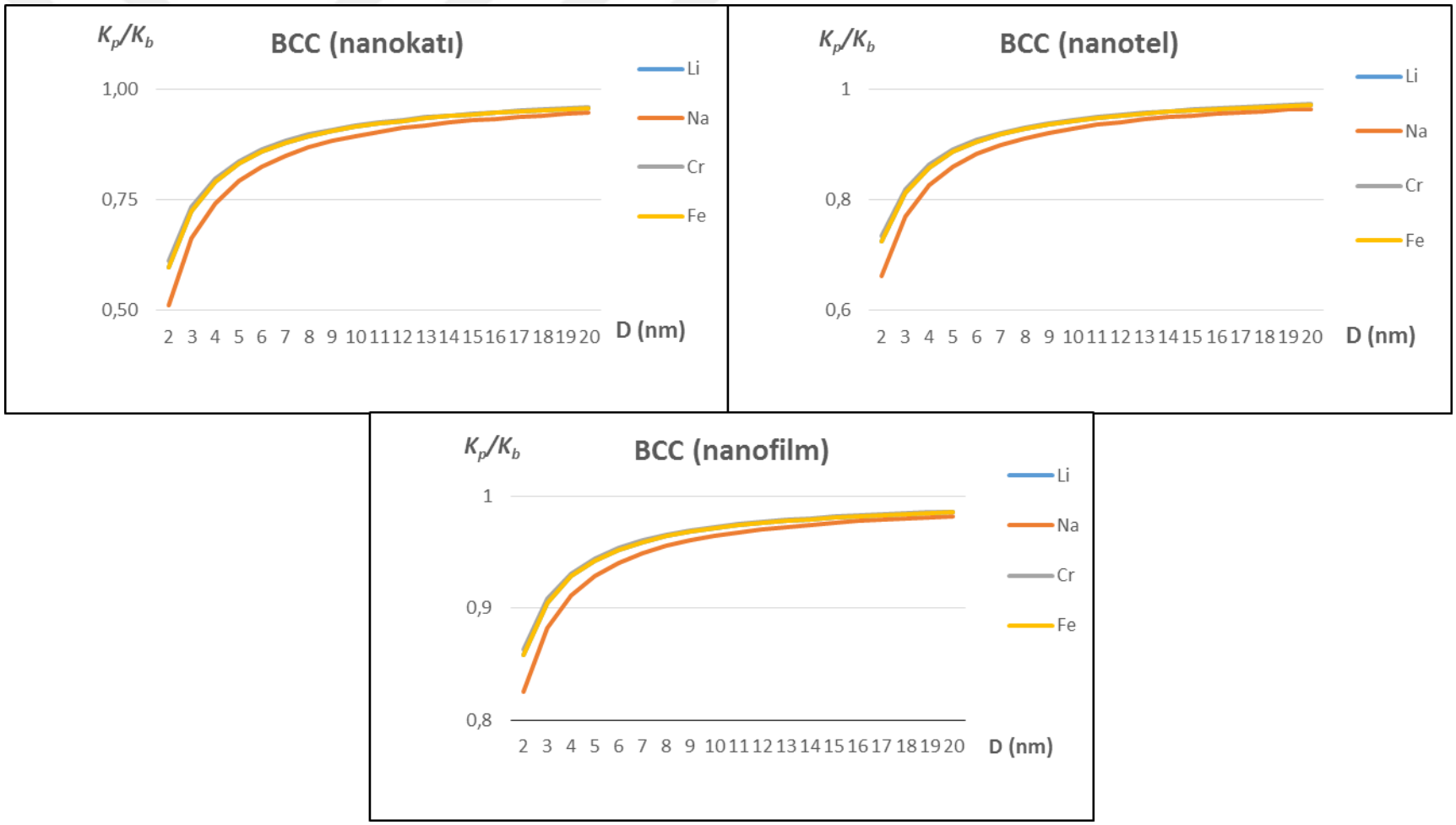
Nanomateryal	d (nm)	$\alpha_b(10^{-5}.K^{-1})$	δ_T
Li	0,29	4,50	0,89
Na	0,36	7,06	1,41
Cr	0,28	0,84	1,75
Fe	0,29	1,17	1,93

Tabloda verilen giriş parametreleri ile (4.15) denklemi kullanılarak BCC yapısındaki Li, Na, Cr ve Fe için boyuta bağlı olarak termal iletkenlikleri hesaplandı. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi hesaplamalar nanokatılar, nanoteller ve nanofilmler için ayrı ayrı yapıldı. Bütün malzemelerde nanokatılarda termal iletkenlik enaz, nanoteller ortada ve nanofilmlerde en üste olduğu görülmektedir. Buradan şu yorum yapılabilir. Tanecik büyüklüğü nanokatı, nanotel ve nanofilm şeklinde olduğundan termal iletkenlikte buna uygun sonuçlar vermektedir. D'nin (0-16) a.u. değerlerine kadar hızlı bir artış olurken, 16 a.u. den sonrasında artış yavaşlıyor ve hatta sabit bir hal alıyor.

Ayrıca bu malzemelerin nanokatı, nanotel ve nanofilm durumları karşılaştırılmalı olarak Şekil 5.2'de verilmiştir. Şekil dikkatli bakıldığında her bir durum için Na en alta ve Li en üst seviyede olduğu görülmektedir. Fe ve Cr ise ortalarda bulunmaktadır. Bu durum δ_T değerlerinden kaynaklandığı saptanmıştır.



Şekil 5.1 BCC yapıdaki Li, Na, Cr ve Fe için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik değişimleri



Şekil 5.2 BCC yapıdaki Li, Na, Cr ve Fe için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik karşılaştırması

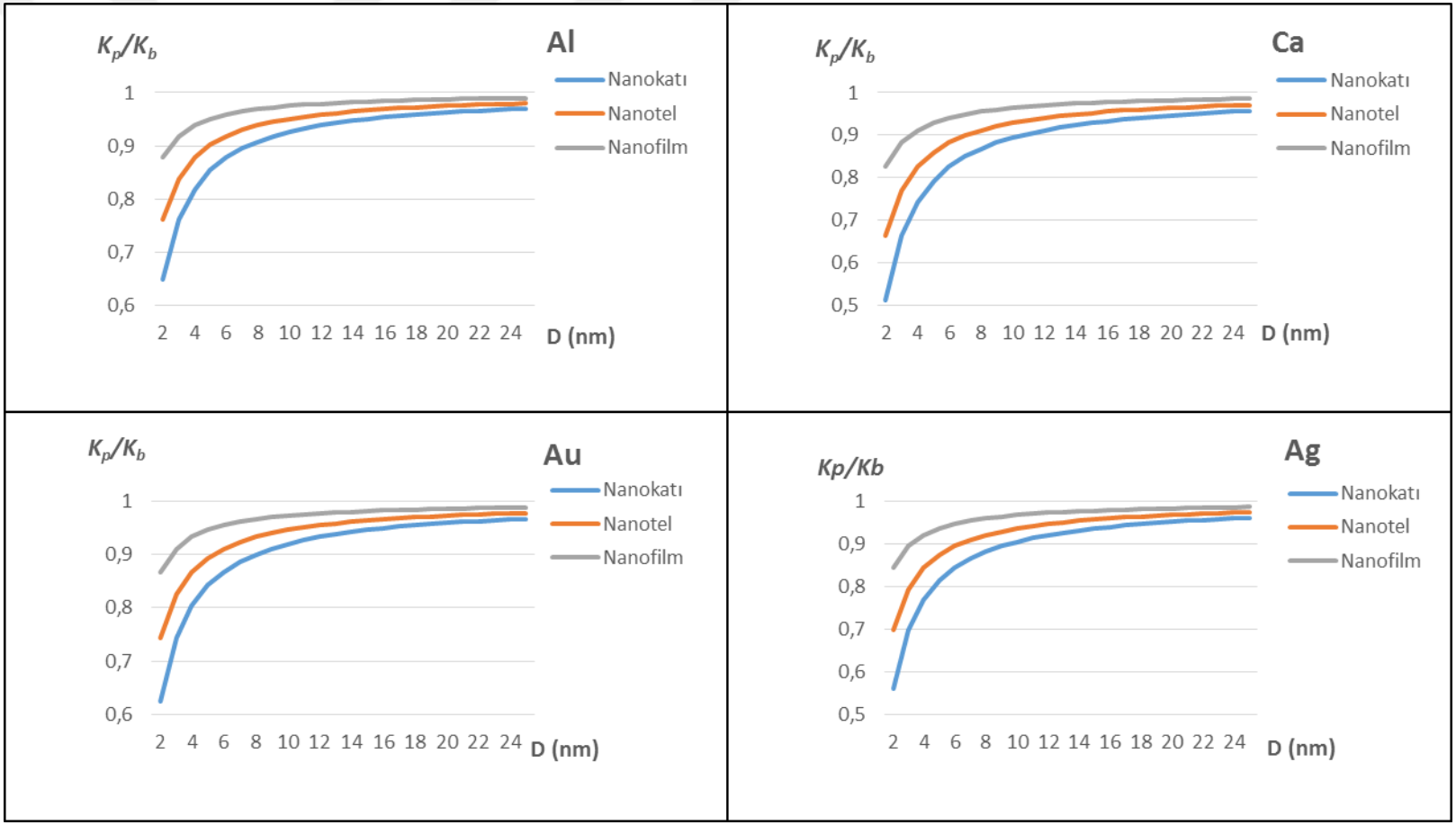
FCC yapıya sahip ele alınan nano materyallerin giriş parametreleri Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 FCC yapısındaki nano malzemelerin giriş parametreleri

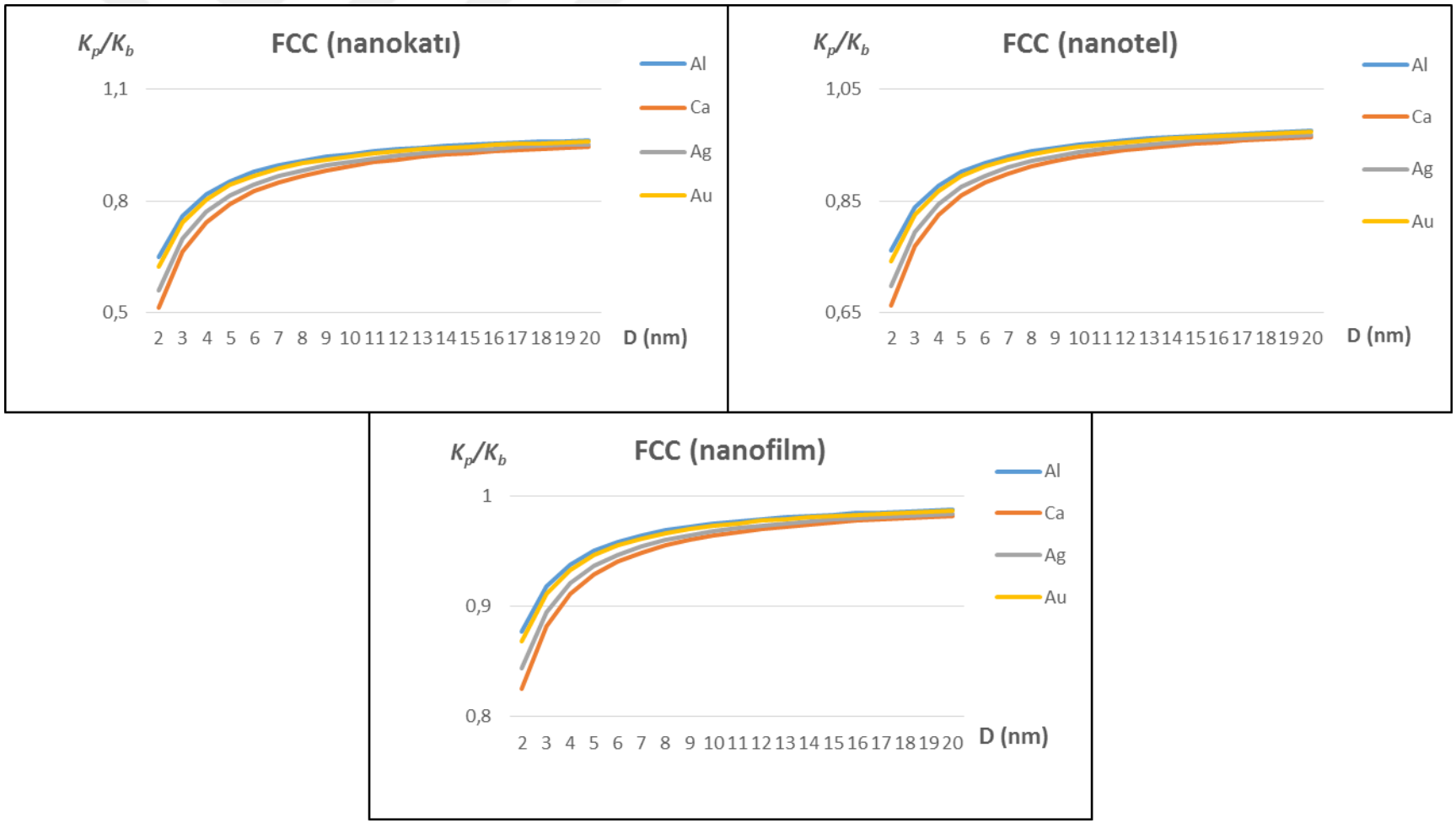
Nanomateryal	**d (nm)**	**$\alpha_b(10^{-5}.K^{-1})$**	**δ_T**
Al	0,25	2,31	2,26
Ca	0,36	2,24	1,11
Ag	0,32	1,92	2,51
Au	0,27	1,41	3,10

Tabloda verilen giriş parametreleri ile (4.15) denklemi kullanılarak FCC yapısındaki Al, Ca, Ag ve Au için boyuta bağlı olarak termal iletkenlikleri hesaplandı. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.3de gösterilmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi hesaplamalar nanokatılar, nanoteller ve nanofilmler için ayrı ayrı yapıldı. BCC yapıdaki benzer özellikler burada da kendisini göstermektedir. Nano katılarda termal iletkenliğin daha düşük olduğu gözlenmiştir. Tanecik büyüklüğüne bağlı olarak nanokatı, nanotel ve nanofilm sıralaması şeklindedir.

FCC yapıdaki bu malzemelerin nanokatı, nanotel ve nanofilm durumları karşılaştırılmalı olarak şekil 5.4'de verilmiştir. Şekilden bakıldığında, her bir durum için Ca en alta ve Al en üst seviyede olduğu görülmektedir. Ag ve Au ise ortalarda bulunmaktadır. Bu durumun $\boldsymbol{\delta_T}$ değerlerine bağlı olduğu saptanmıştır.



Şekil 5.3 FCC yapıdaki Al, Ca, Au ve Ag için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik değişimleri



Şekil 5.4 FCC yapıdaki Al, Ca, Au ve Ag için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik karşılaştırması

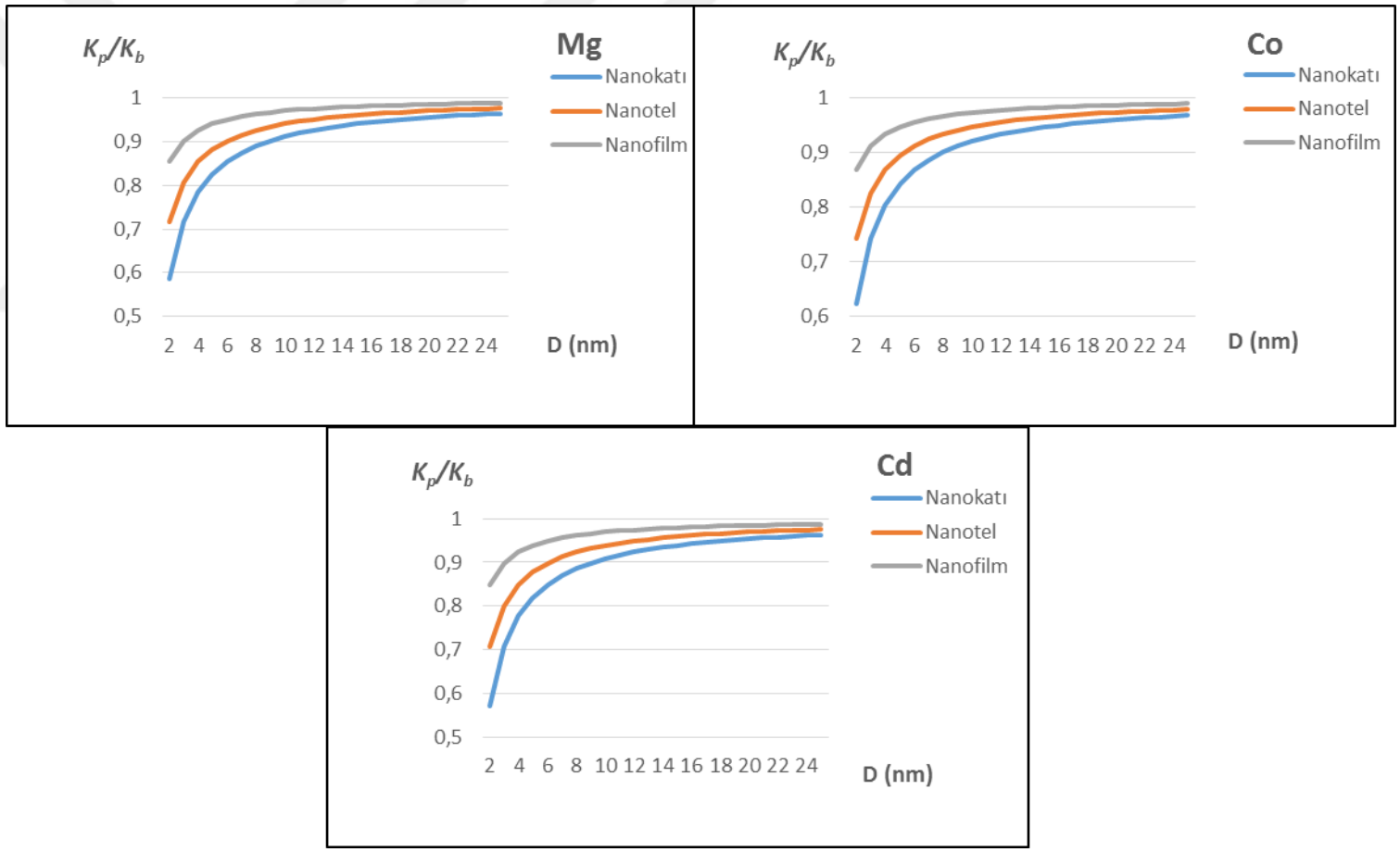
HCP yapıya sahip ele alınan nano materyallerin giriş parametreleri Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3 HCP yapısındaki nano malzemelerin giriş parametreleri

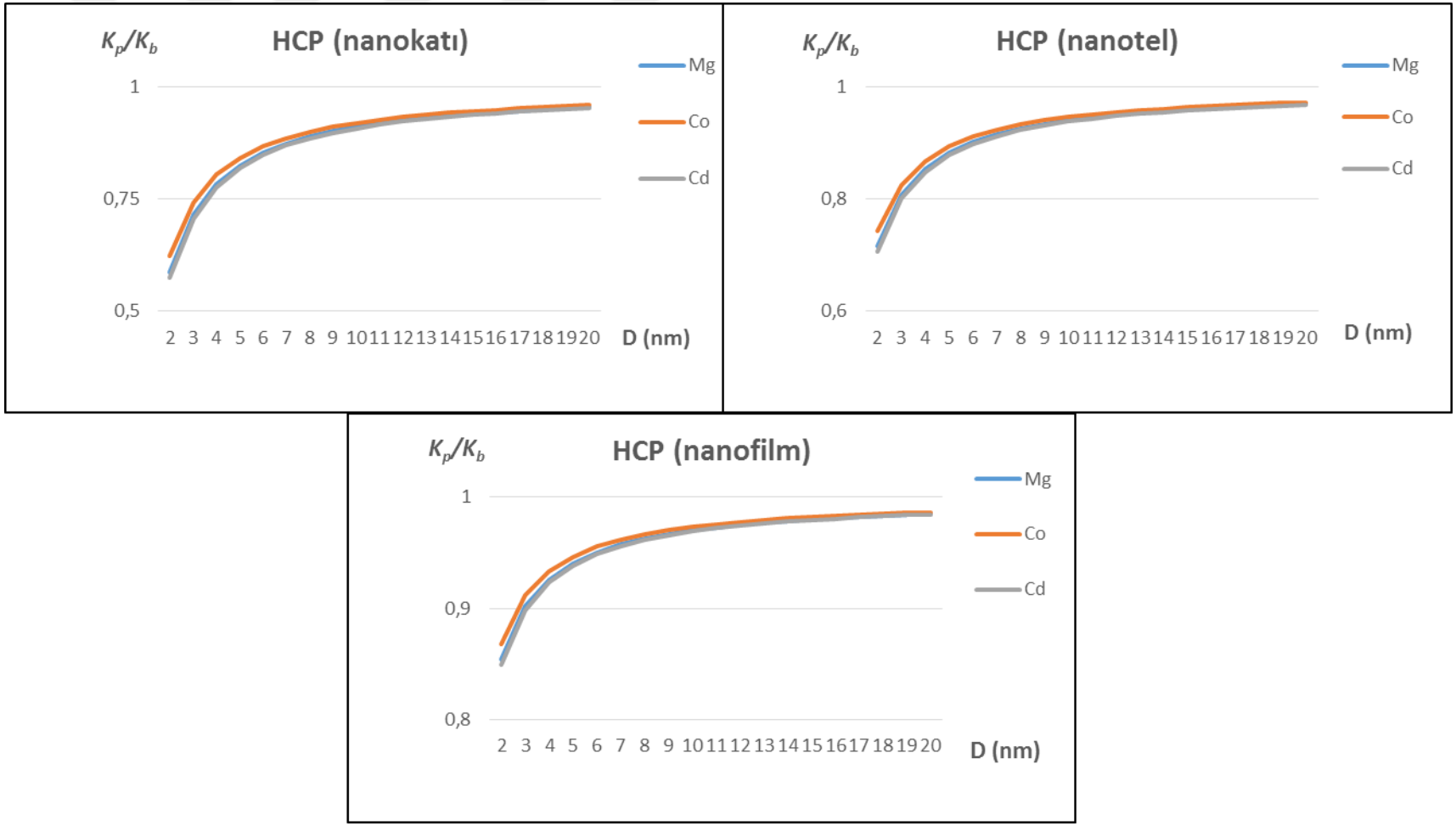
Nanomateryal	**d (nm)**	**$\alpha_b(10^{-5}.K^{-1})$**	**δ_T**
Mg	0,3	2,56	1,70
Co	0,27	1,24	2,15
Cd	0,31	3,06	2,34

Tabloda verilen giriş parametreleri ile (4.15) denklemi kullanılarak HCP yapısındaki Mg, Co ve Cd için boyuta bağlı olarak termal iletkenlikleri hesaplandı. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.5'de gösterilmiştir. Burada da hesaplamalar nanokatılar, nanoteller ve nanofilmler için ayrı ayrı yapıldı. Tanecik büyüklüğüne bağlı olarak nanokatı, nanotel ve nanofilmlerde termal iletkenlik aralıkları çok belirgin bir hal almakta ve D'nin (0-16) a.u. değerlerinden sonrada bu ayrım devam etmektedir.

Bu yapıdaki bu malzemelerin nanokatı, nanotel ve nanofilm durumları karşılaştırılmalı olarak şekil 5.6'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, her bir durum için değerler birbirine çok yakın olmakla beraber Mg en alta ve Cd en üst seviyede olduğu görülmektedir. Co ise ortalarda bulunmaktadır. Yine bu durumun δ_T değerlerine bağlı olduğu saptanmıştır.



Şekil 5.5 HCP yapıdaki Mg, Co, ve Cd için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik değişimleri



Şekil 5.6 HCP yapıdaki Mg, Co, ve Cd' ün (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik karşılaştırması

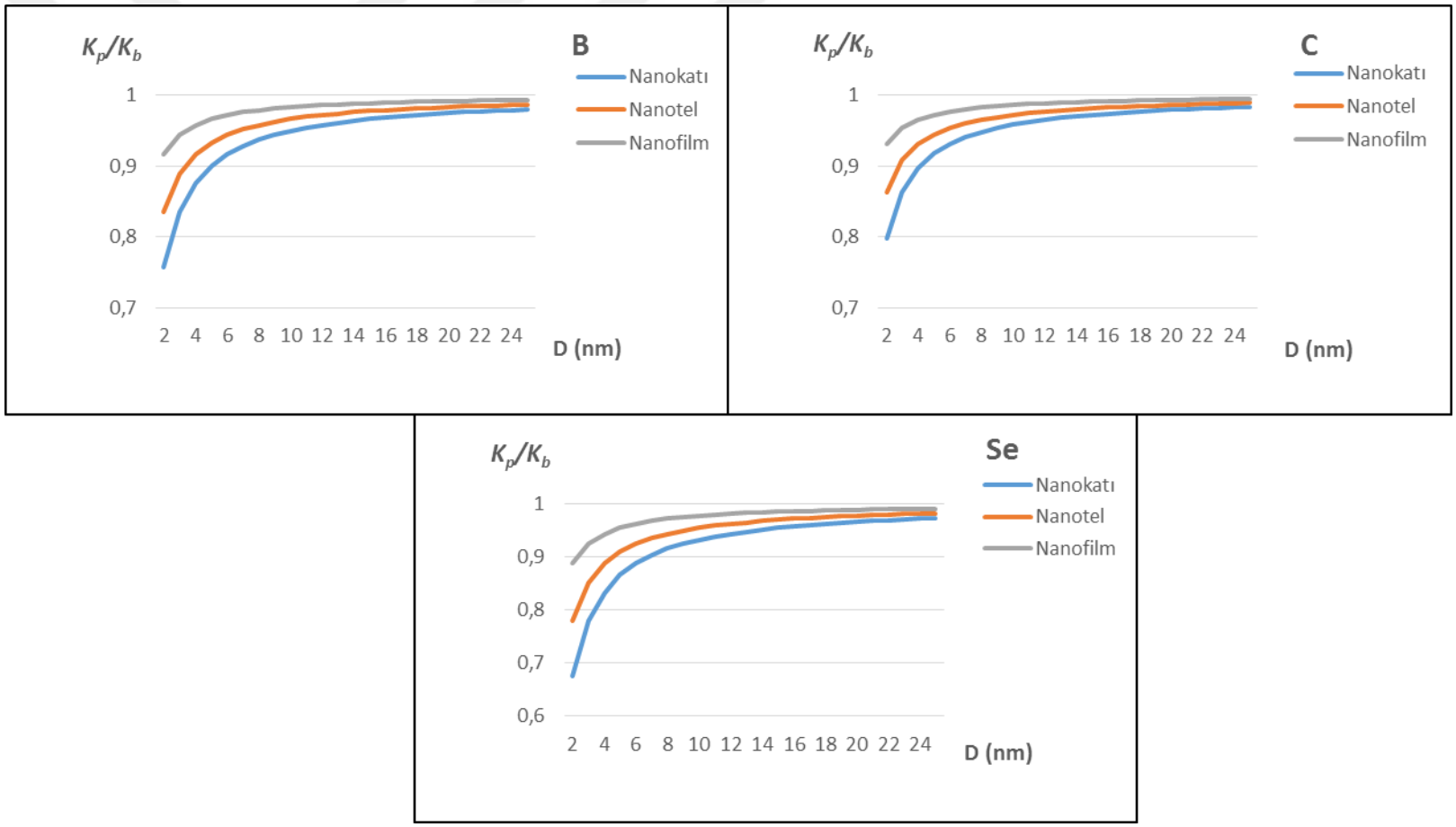
Açık grup (open) yapıya sahip ele alınan nano materyallerin giriş parametreleri Çizelge 5.4'de verilmiştir

Çizelge 5.4 Açık grup yapısındaki nano malzemelerin giriş parametreleri

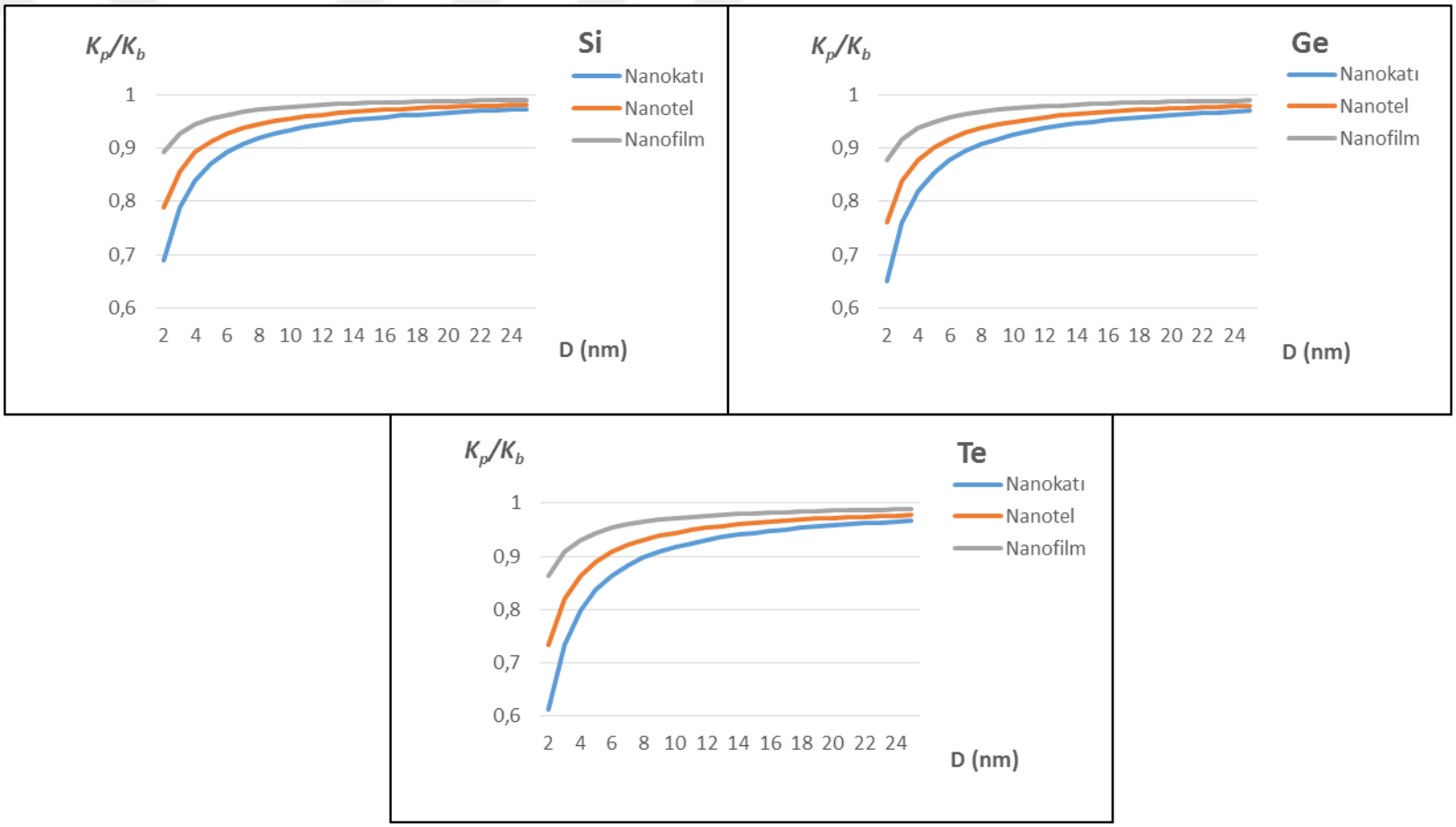
Nanomateryal	**d (nm)**	**$\alpha_b(10^{-5}.K^{-1})$**	**δ_T**
B	0,17	0,83	1,87
C	0,14	0,38	0,09
Se	0,23	3,69	0,68
Si	0,22	0,307	0,56
Ge	0,25	0,575	0,80
Te	0,28	1,677	0,98

Tabloda verilen giriş parametreleri ile (4.15) denklemi kullanılarak açık grup (open) yapısındaki B, C, Se, Si, Ge ve Te için boyuta bağlı olarak termal iletkenlikleri hesaplandı. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.7a ve Şekil 5.7b'de gösterilmiştir. Benzer şekilde, hesaplamalar nanokatılar, nanoteller ve nanofilmler için ayrı ayrı yapıldı. Bu malzemelerde termal iletkenlik değerlerinin biraz daha yüksek olduğu saptandı. Nanokatı, nanotel ve nanofilm sıralaması burada da geçerli ve bunlar arası ayrıklık belirgindir. Ayrıca yüksek D değerlerinde ayrıklık devam etmektedir.

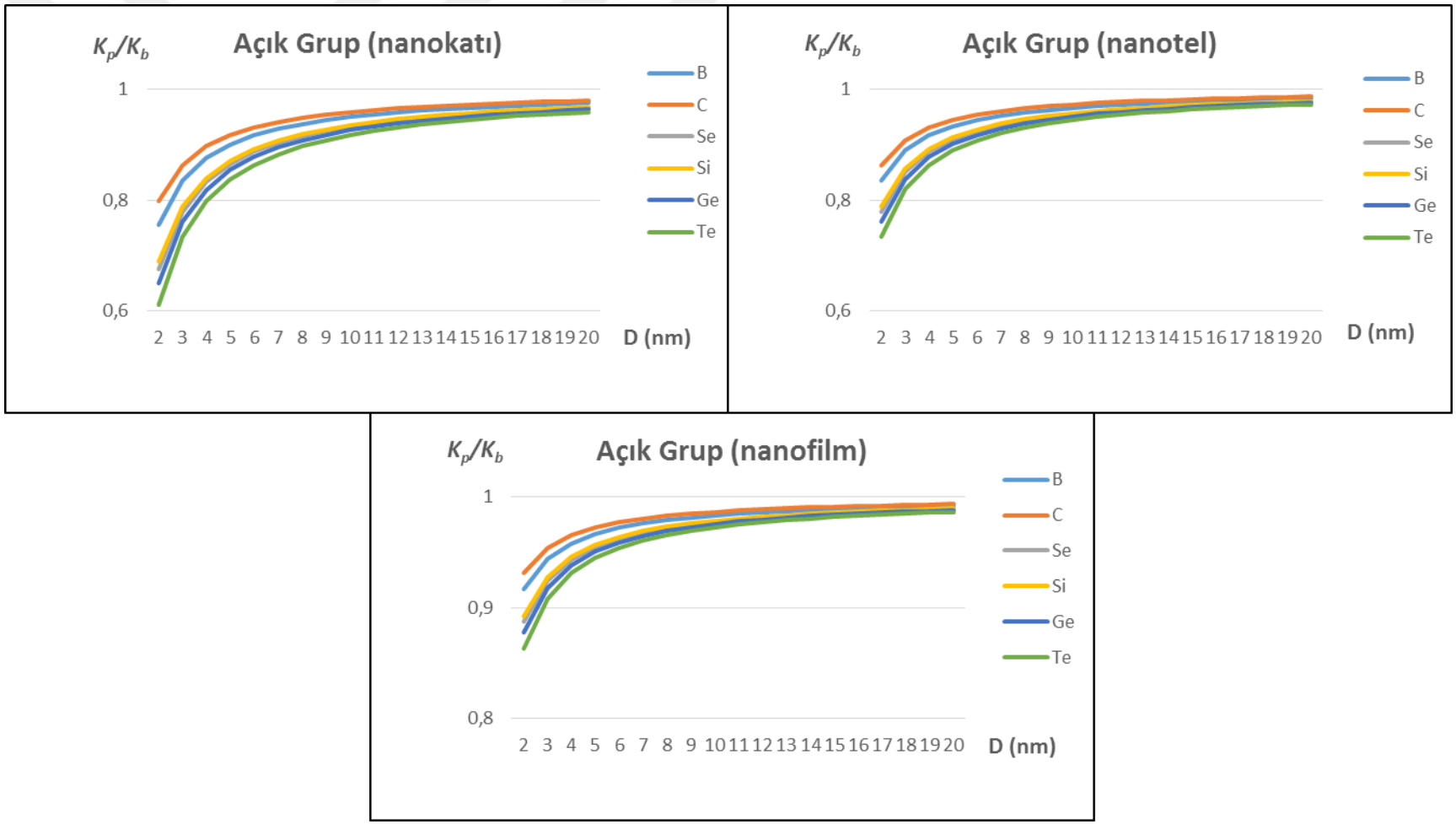
Bu yapıdaki bu malzemelerin nanokatı, nanotel ve nanofilm durumları karşılaştırılmalı olarak şekil 5.8'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, her bir durum için değerler birbirine yakın olmakla beraber Te en alta ve C en üst seviyede olduğu görülmektedir. Diğerleri ise ortalarda bulunmaktadır. Bu durumun δ_T değerlerine bağlı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.7a Açık grup yapıdaki B, C ve Se için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik değişimleri



Şekil 5.7b Açık grup yapıdaki Si, Ge ve Te için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik değişimleri



Şekil 5.8 Açık grup yapıdaki B, C, Se, Si, Ge ve Te için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) tane büyüklüğüne bağlı termal iletkenlik karşılaştırması

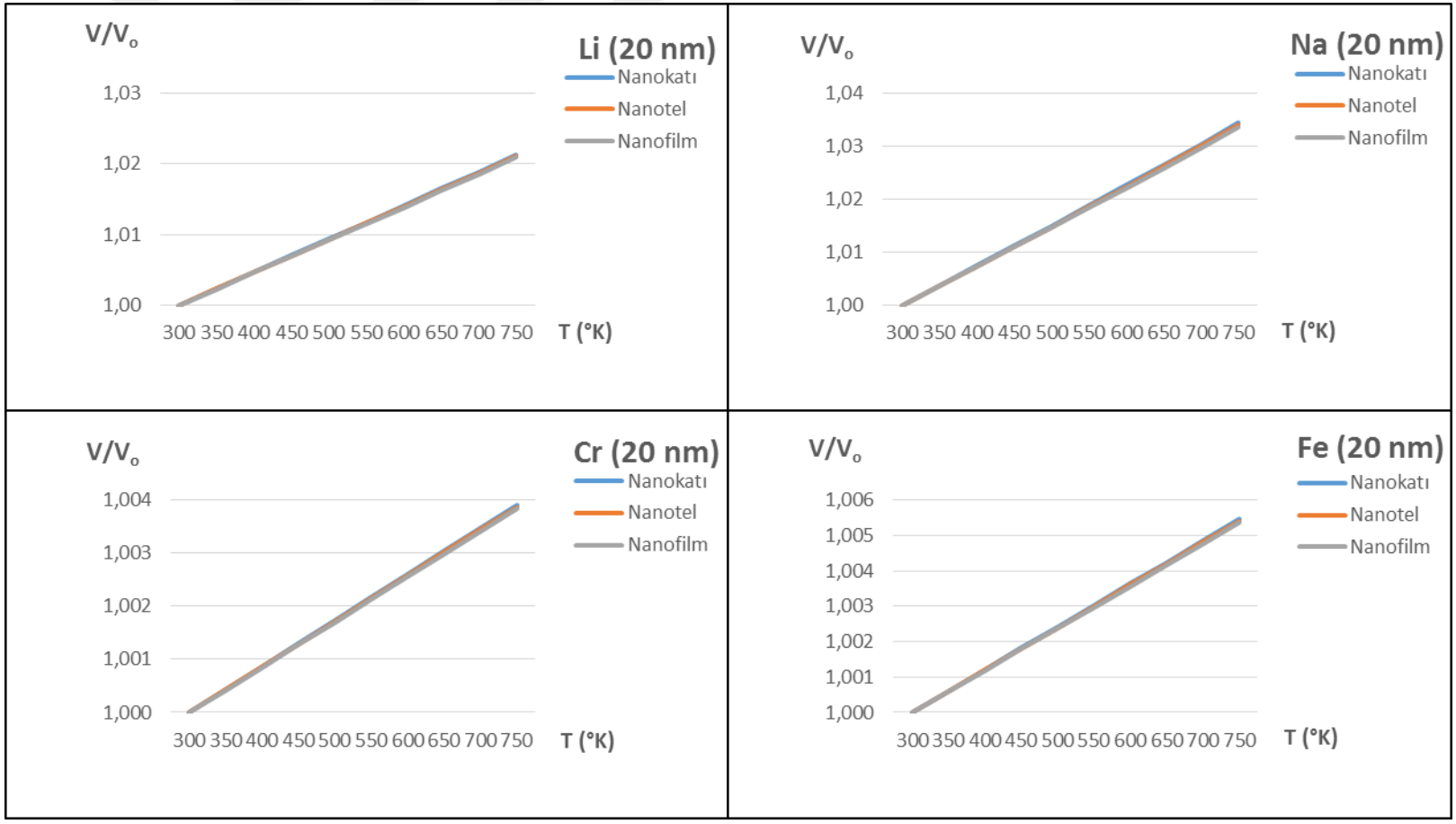
5.3. Nanomalzemelerde Hacim Oranlarının Sıcaklığa Bağlı Hesaplamaları

Aynı tablo değerlerini kullanarak bütün malzemeler için hacim oranlarının sıcaklığa bağlı hesaplamaları yapıldı. Hesaplamalar sırasıyla BCC yapı için şekil 5.9'da, FCC yapı için şekil 5.11'de, HCP yapı için şekil 5.13'de ve Açık Grup için şekil 5.15a ve şekil 5.15b'de gösterilmiştir.

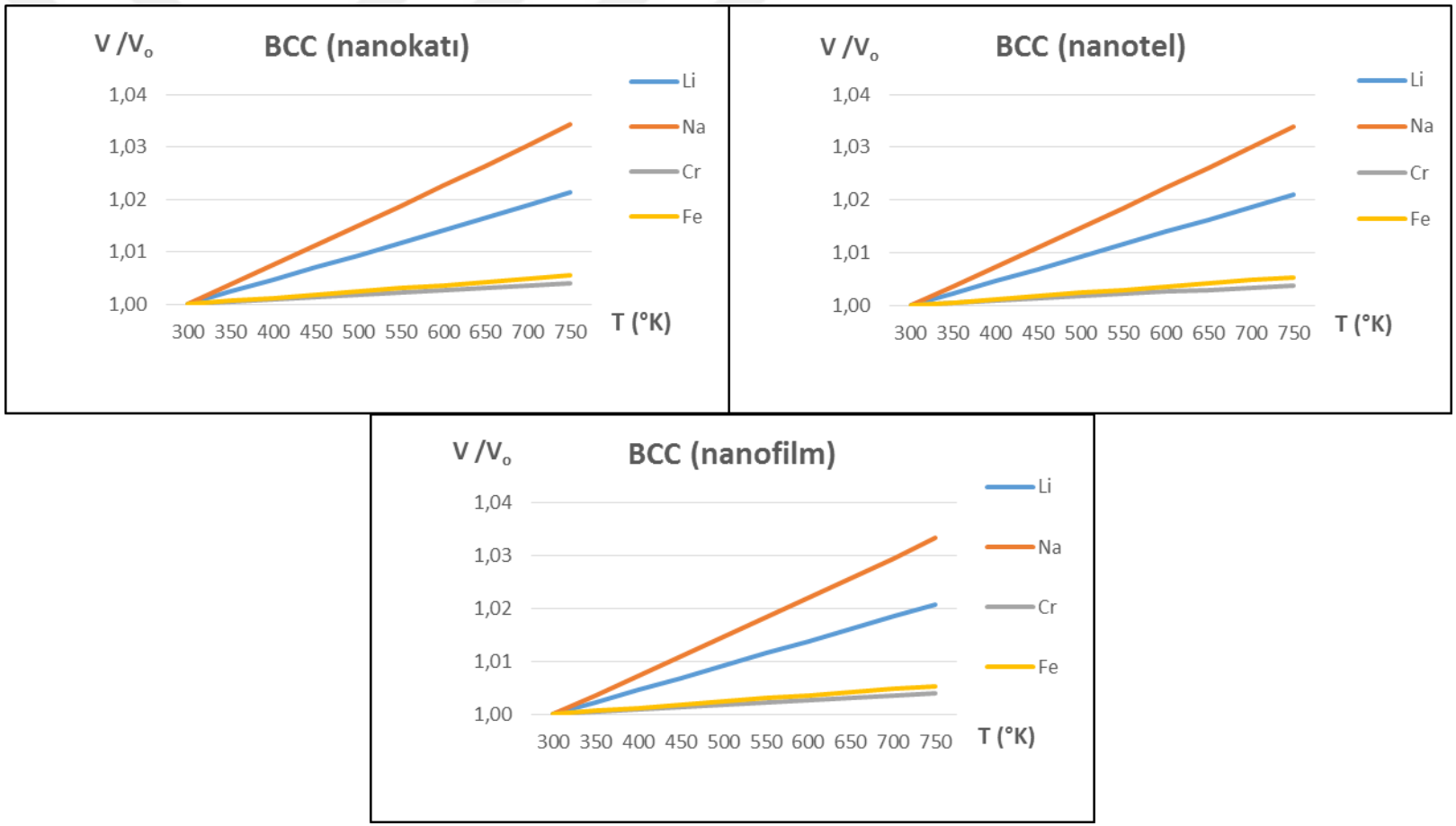
Bu hesaplamalarda grafikler birbirine benzediklerinden nanokatı, nanotel ve nanofilm için tüm malzemelerde karşılaştırma yapma gereğini yerine getirildi. Karşılaştırma grafikleri BCC yapı için şekil 5.10'da, FCC yapı için şekil 5.12'de, HCP yapı için şekil 5.14'de ve Açık Grup için şekil 5.16'da verilmiştir.

Şekiller dikkatlice incelendiğinde, BCC yapıda Na en üste Cr en alta bulunmaktadır. Fe ve Li ortada yer almaktadır. Na hacim oranı büyük, Cr hacim oranı küçüktür. Bu özellikler nanokatı, nanotel ve nanofilm malzemelerinde aynıdır. Buradan çıkan sonuç, hacim oranlarının sıcaklığa bağlılığı malzeme türüne göre değişim göstermemektedir. FCC yapıda Al ve Ca hemen hemen aynı değerde en üste Au en alta bulunmaktadır. Ag ise ortada yer almaktadır. Al ve Ca hacim oranı büyük, Au hacim oranı küçüktür. Burada da nanokatı, nanotel ve nanofilm malzemelerinde durum aynıdır. Yalnız hacim oranlarının sıcaklığa bağlılığı bütün malzemelerde farklılık göstermemektedir.

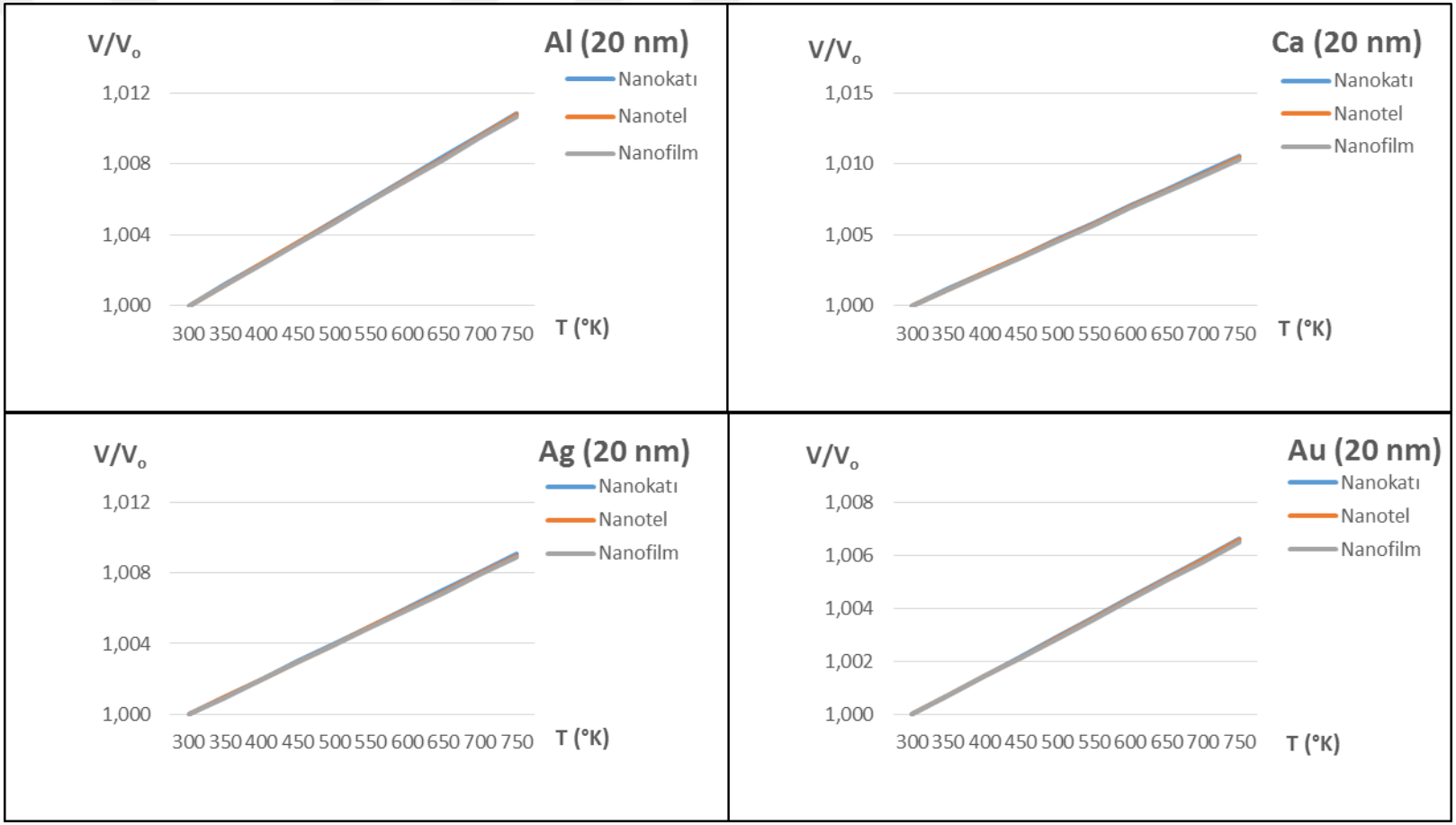
HCP yapıda ise, Cd en üste ve Co en alta bulunmaktadır. Mg ortada yer almaktadır. Nanokatı, nanotel ve nanofilm malzemelerinde bu durum aynıdır. HCP yapıda da hacim oranlarının sıcaklığa bağlılığı malzeme türüne göre değişim göstermediği şeklindedir. Açık grup yapıya gelince, Te en üste ve Si en alta bulunmaktadır. Se ortada yer almaktadır. Si, C, Ge ve B alt grubu yani hacim oranlarının çok az olduğu grubu teşkil eder. Te ve Se üst grubu yani hacim oranlarının fazla olduğu durumdadır. Nanokatı, nanotel ve nanofilm malzemelerinde aynı özellikler görülmektedir. Bu yapıda da hacim oranlarının sıcaklığa bağlılığı malzeme türüne bağlı değildir yorumu yapılabilir.



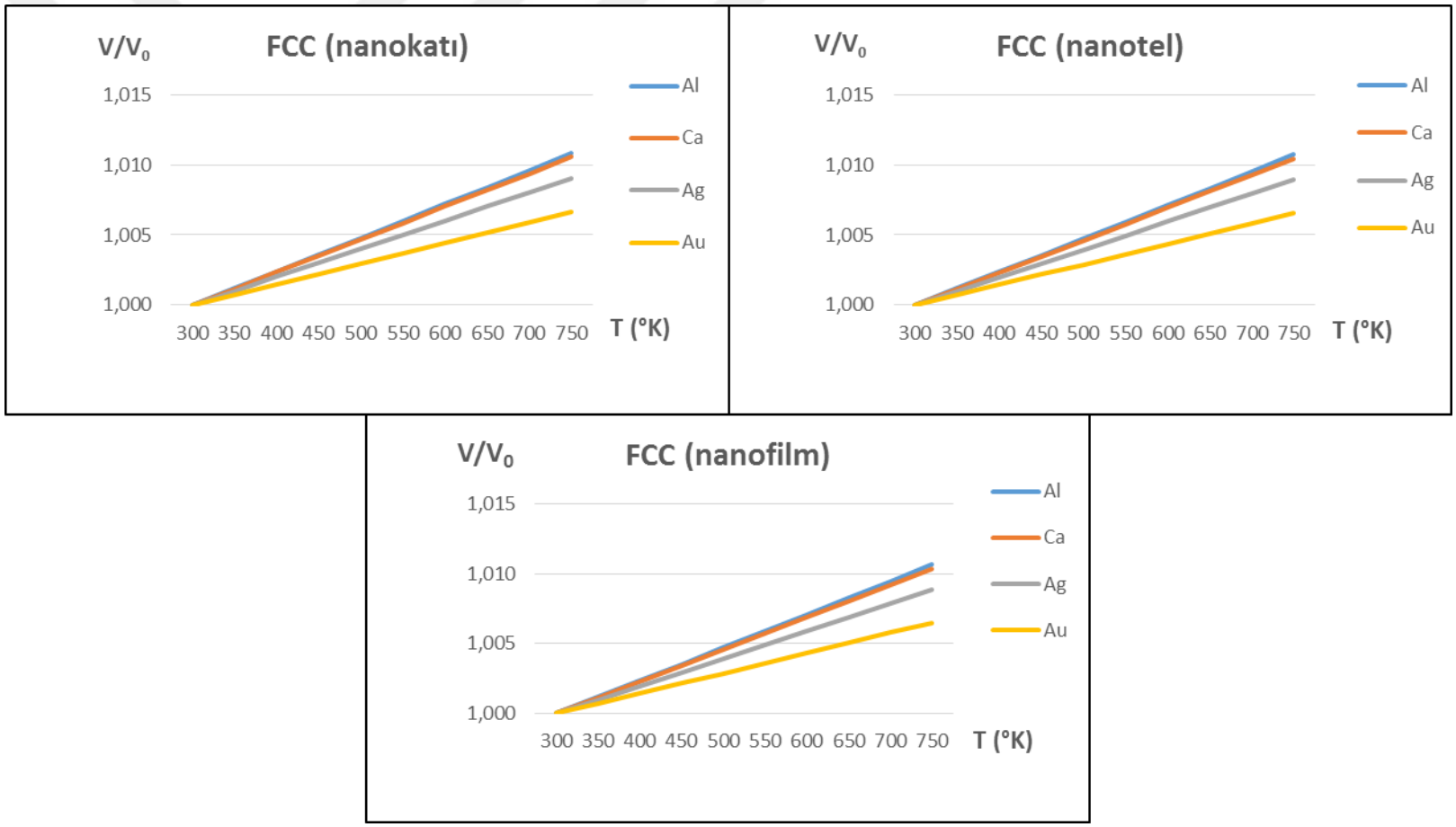
Şekil 5.9 BCC yapıdaki Li, Na, Cr ve Fe için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm)V / V0 sıcaklığına bağlı değişimleri



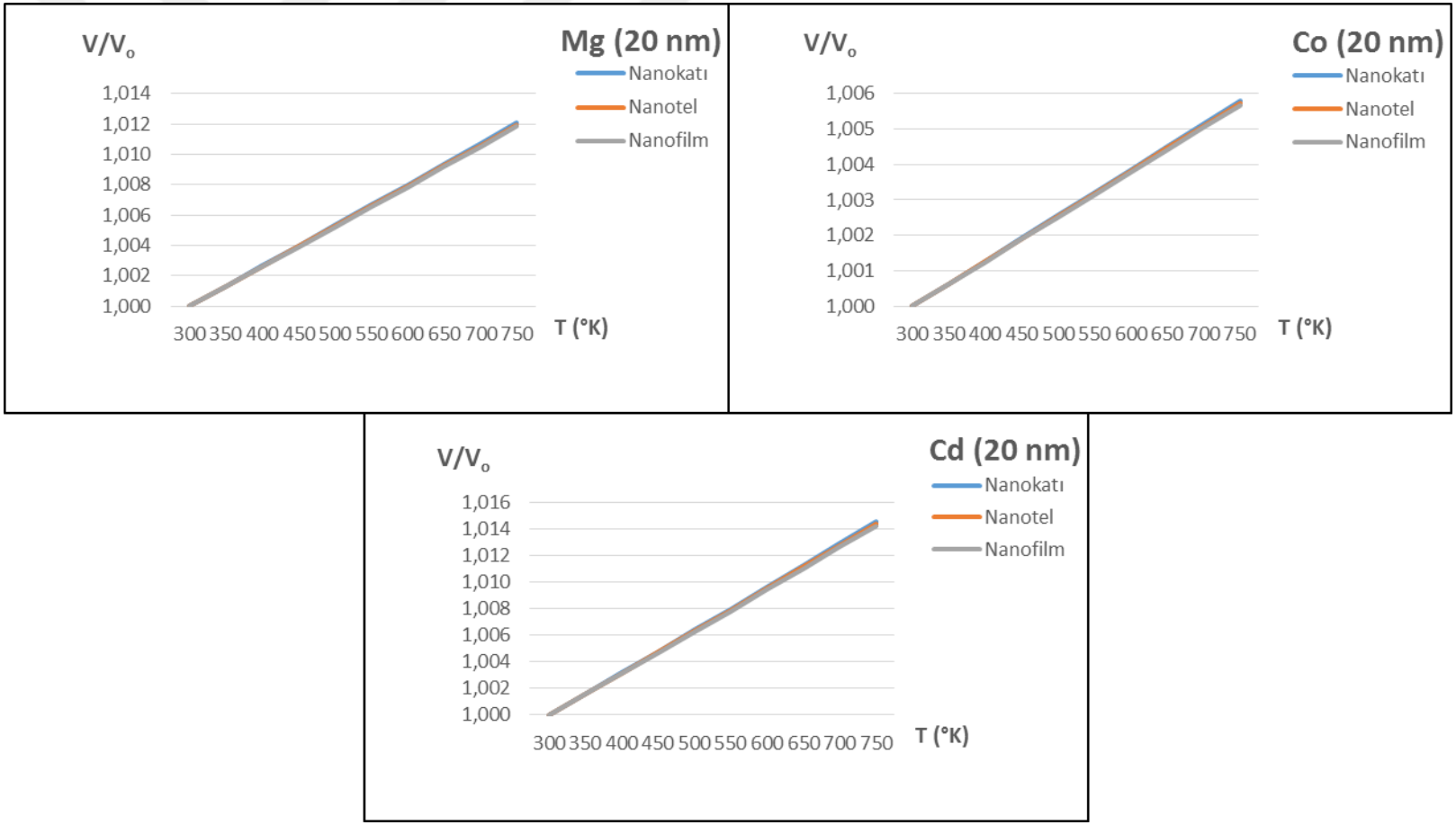
Şekil 5.10 BCC yapıdaki Li, Na, Cr ve Fe için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) V / V0 sıcaklığına bağlı karşılaştırması



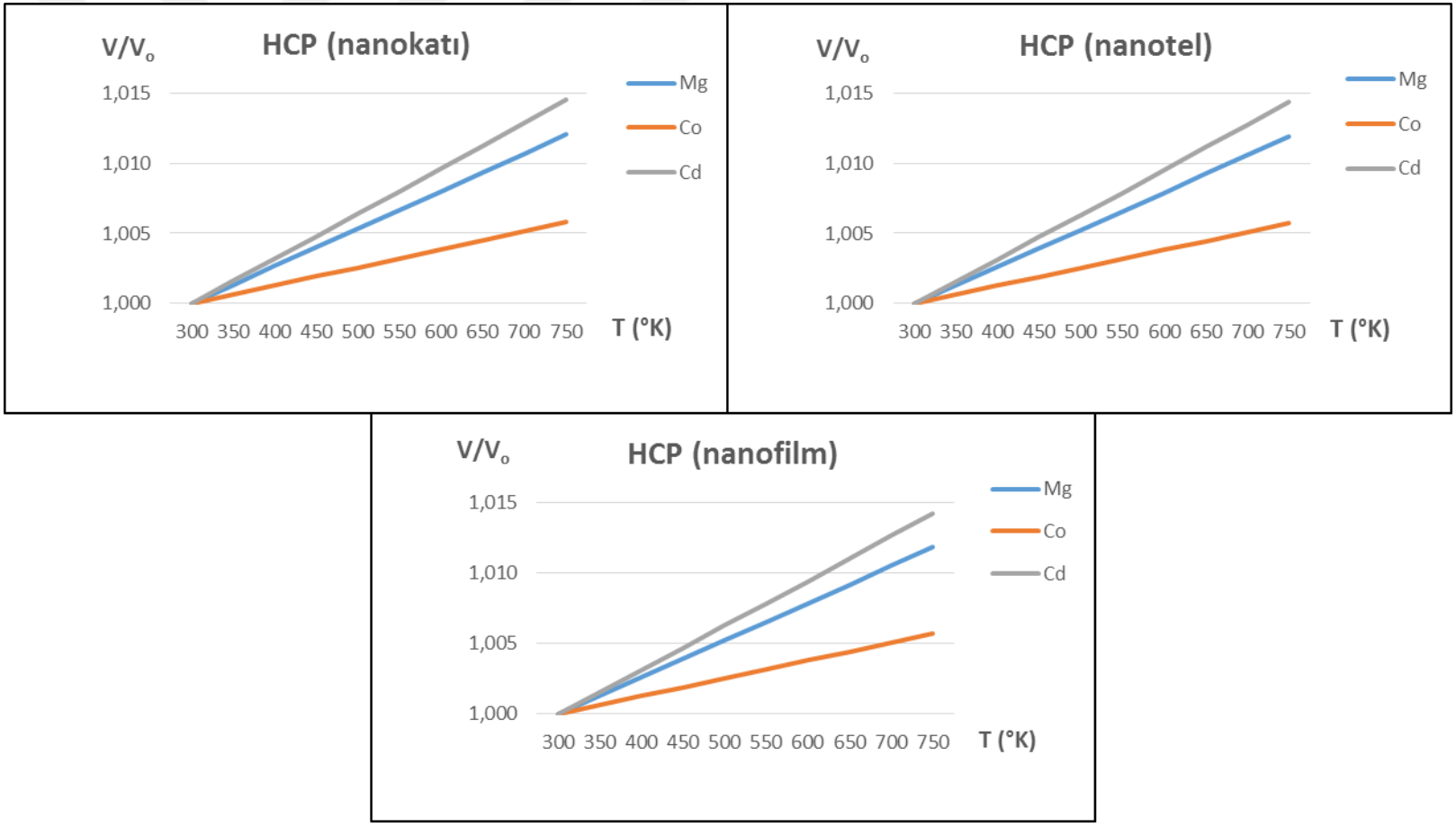
Şekil 5.11 FCC yapıdaki Al, Ca, Ag ve Au için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm)V / V0 sıcaklığına bağlı değişimleri



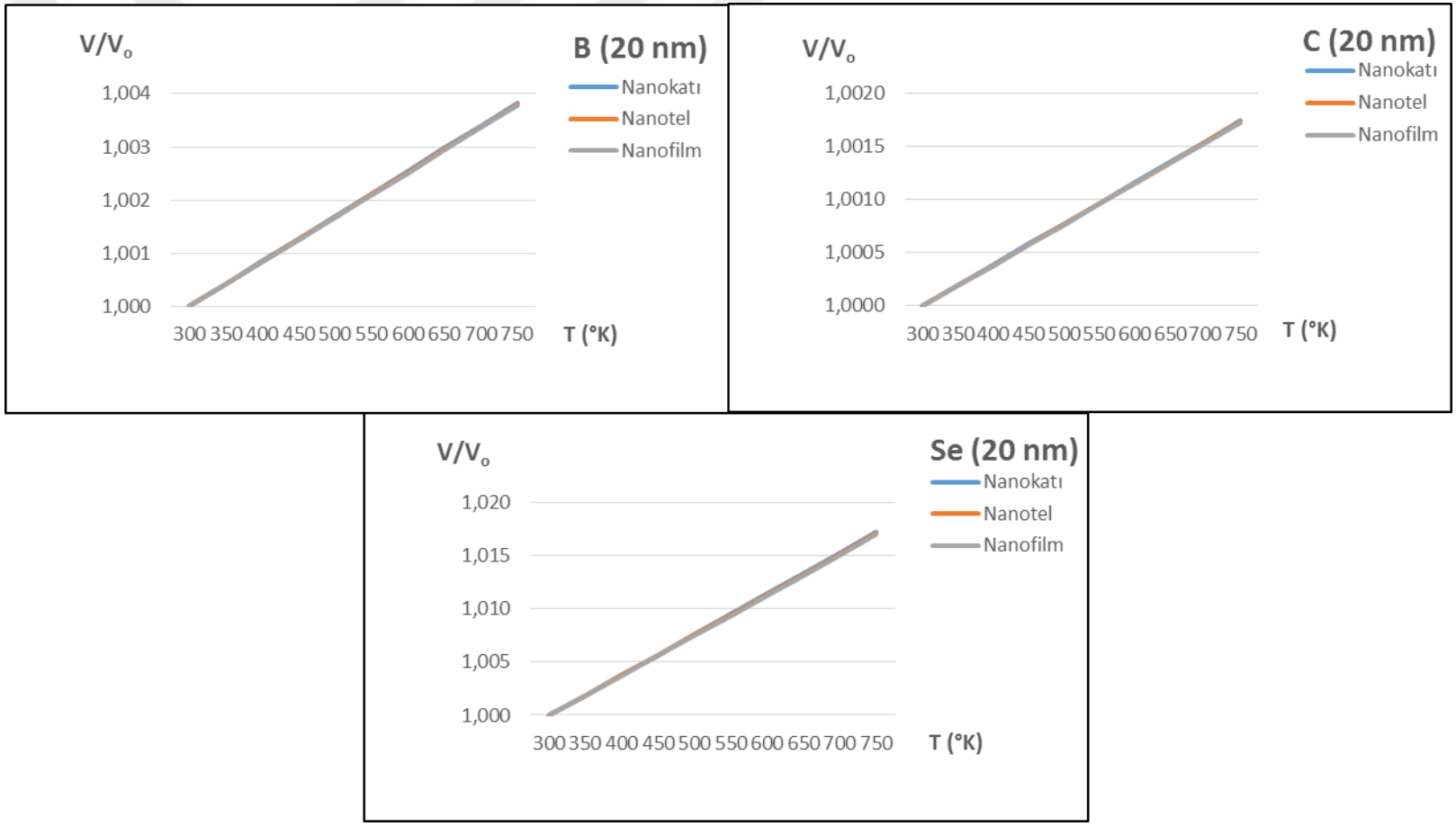
Şekil 5.12 FCC yapıdaki Al, Ca, Ag ve Au için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm)V/V0 sıcaklığına bağlı karşılaştırması



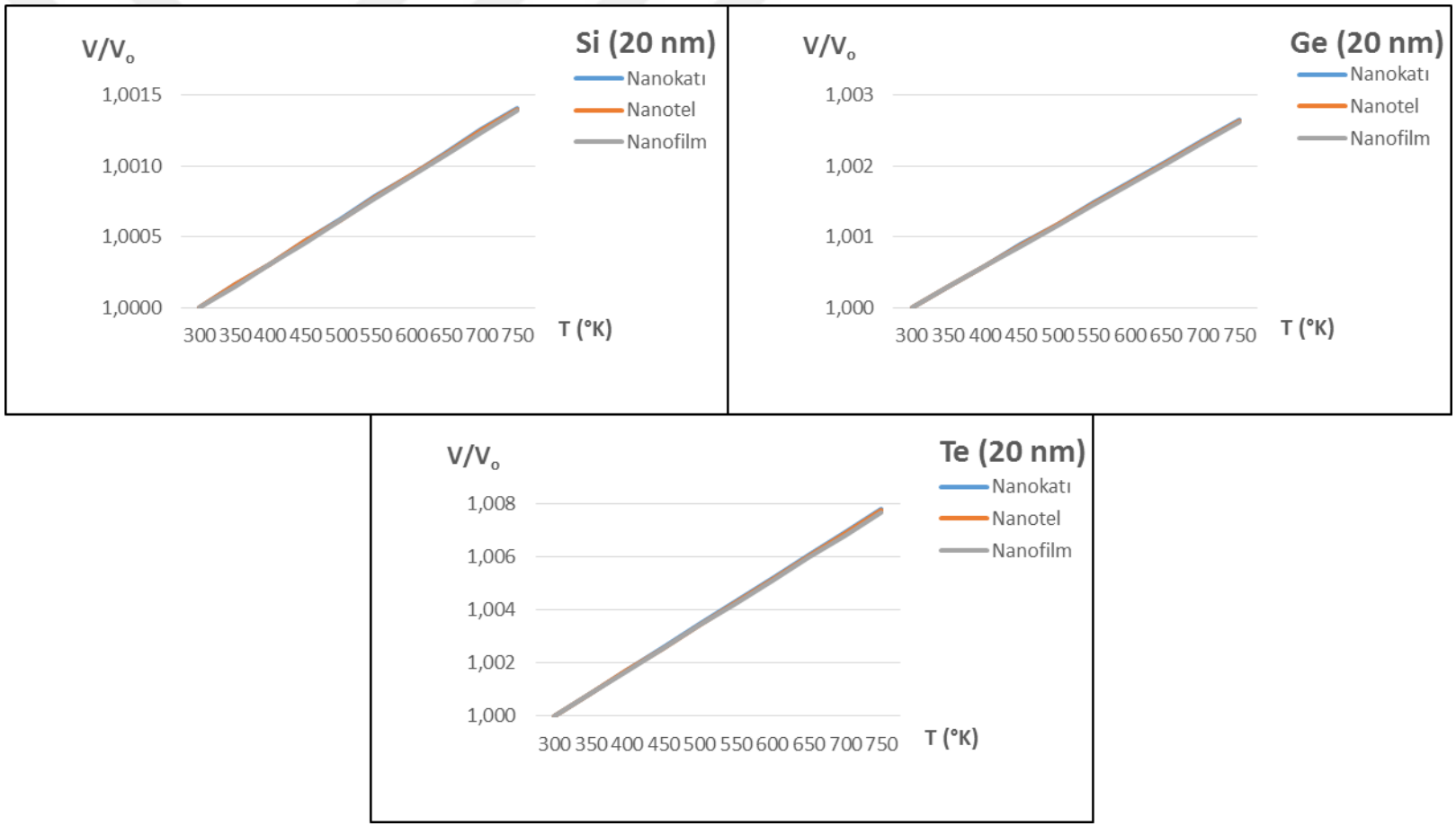
Şekil 5.13 HCP yapıdaki Mg, Co ve Cd için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) V / V0 sıcaklığına bağlı değişimleri



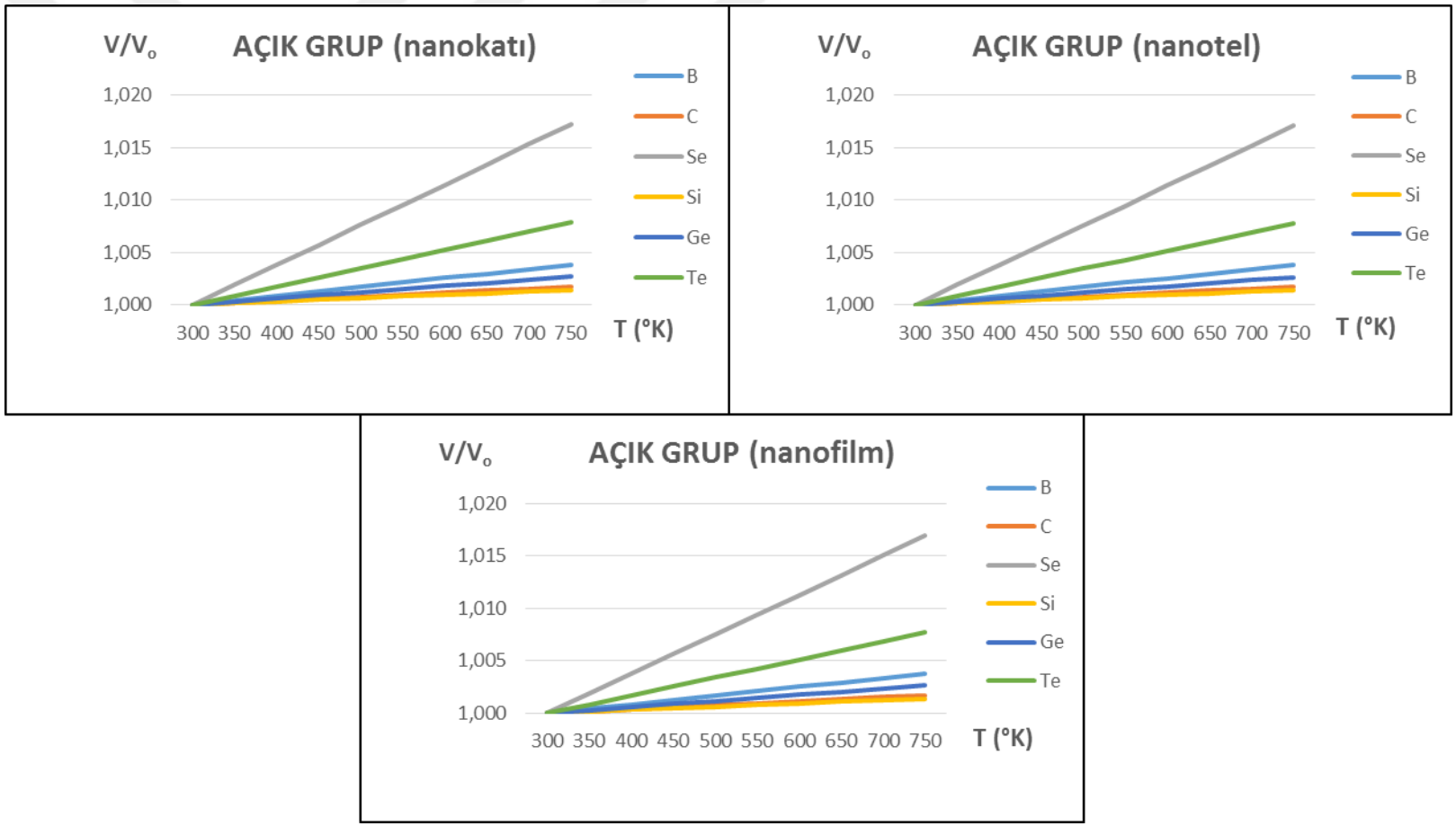
Şekil 5.14 HCP yapıdaki Mg, Co ve Cd için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) V/V0 sıcaklığına bağlı karşılaştırması



Şekil 5.15a Açık grup yapıdaki B, C ve Se için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) V/V0 sıcaklığına bağlı değişimleri



1Şekil 5.15b Açık grup yapıdaki Si, Ge ve Te için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) V/V0 sıcaklığına bağlı değişimleri



Şekil 5.16 Açık grup yapıdaki B, C, Se, Si, Ge ve Te için (küresel nanokatı, nanotel ve nanofilm) V/V0 sıcaklığına bağlı karşılaştırması

5.4. Sonuçlar

Nanomalzemelerin boyutuna bağlı termal iletkenlik için bir model Lindemann kriterlerine ve yüzey etkilerine dayanarak oluşturulmuştur. BCC, FCC, HCP ve Açık Grup yapılarının her birinde nanokatı, nanotel ve nanofilm sıralaması aynı şekilde bulunmuştur. D'nin 16 a.u. değerinden sonra BCC ve FCC yapılarında bu üç tür malzeme birbirilerine çok yakın olmasına karşın diğer yapılarda aralarındaki fark daha belirgindir. Açık grupta termal iletkenlik daha yüksek değerlere sahiptir. Bundan dolayı yenilenebilir enerji üretiminde bu malzemelerin tercih edilmesi daha uygun olacaktır.

Yüzey etkisi göz önüne alınarak, nanomalzemelerin termal genleşmesinin daha yüksek sıcaklıktaki termal bağımlılığının boyuta bağlı olarak incelemek önemli bir teorik yöntemdir. Termodinamik Durum Denkleminin (EoS) analizi, teorik termodinamik ilişkilere dayanarak nanomalzemelerin termal genleşmesi hakkında bilgi vermektedir. Termal genleşme katsayısının parçacık büyüklüğünde azalma ile artarken, farklı parçacık büyüklüklerinde nanomalzemelerde sıcaklık artışında V/V_0 arttıkça gözlenebilir. Bu nanomalzemelerinin termal genleşmesinin farklı şekillerde (küresel nanokatı, nanotel ve nanolfilm) boyut ve sıcaklığa bağımlılığını ele alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Boyutuna bağlı olarak termal iletkenlik ve termal genleşme değerleri ele alınarak yenilenebilir enerji malzemeleri tasarlamak ve üretmek için önemlidir. Bu hesaplamalar malzeme seçimi ve verimi içinde gereklidir. Bundan dolayı bu tezin literatüre katkı sağlayacağı kanısındayız.

KAYNAKLAR

Adıyaman, C. (2012). *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları,* Niğde Üniversitesi/ Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde.

Andreev, V. M., Grilikhes, V. A., Khvostikov, V. P. (2004). Concentrator PV modules and solar cells for TPV systems, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, *84*(1–4), 3–17.

Antony, G., Gunashekar, D., Sangani, C. S., and Solanki, C. S. (2008). Enhanced heat dissipation of V-trough PV modules for better performance, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, *92*(12), 1634–1638.

Baskar, D. (2014). Middle-East Journal of Scientific Research, New Scientist "Power of the midday sun, *Journal of Analytical Science and Technology*, *19*(8), 1127-1131

BASF company, (2018). *Layer of organic materal*. 04.04.2019 tarihinde http://www.solarserver.com/solarmagazin/solar-report_0807_e.html adresinden erişildi.

Bernal-Agust´ın J. L., Fracastoro, G. V. and Zubi, G., (2009) High concentration photovoltaic systems applying III-V cells, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, *13*(9) ,2645–2652.

Bett, A. W., Dimroth, F., Hein, M. and Siefer, G., (2003). Characterisation of 300×photovoltaic concentrator system with one-axis tracking, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, *75*(1-2), 277–283.

Boehm, R. F., Halford, C., Sun,Y., Wang, Y. P. and Zhu, L., (2011). Water immersion cooling of PV cells in a high concentration system, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, *95*(5), 538–545.

Ca˜ nadas I., Fern´ andez-Reche J., S´ anchez M., (2006). PSA Solar furnace: a facility for testing PV cells under concentrated solar radiation, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, *90*(15), 2480–2488

Chow, T.T., (2010). A Review on photovoltaic/thermal hybrid solar technology, *Applied Energy*, *87*(2), 365–379.

Deepak, F. L., Guisbiers, G., and Mejia-Roseles, S., (2012). Nanomaterial Properties: Size and Shape Dependencies, *Journal of Nanomaterials*, *2012, Article ID 180976,* 2.

Eames, P., Mallick, T., Sabry, M., and Wu, Y.P., (2012). Experimental characterisation of a Fresnel lens photovoltaic concentrating system, *Solar Energy*, *86*(1), 430–440.

Eco Friend, (2014). *The last update in renewable energy and organic PV*, 04.04.2019 tarihinde http://www.ecofriend.com/category/latest adresinden erişildi.

Feng, P.F., Hou, D.P., Liu, J.D., Xu,Z.L., Zhang, J.Y. ve Zhang, Y.M., (2007). Research on a butterfly concentrator for photovoltaic generation. *Acta Energiae Solaris Sinica*, *28*(2), 174–177.

Garboushian V., Roubideaux D., and Yoon S. W., (1997). Integrated high-concentration PV alternative for large-scale solar electric power, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, *47*(1–4), 315–323.

Grätzel, M. and O'Regan, B., (1991.) A Low-Cost, High-E£ciency Solar Cell Based on Dyesensitized Colloidal TiO_2 Films, *Nature*, *353*, 737- 740

Hele Savin, Päivikki Repo, (2015). Black silicon solar cells with interdigitated back-contacts, *Nature nano technology*, *10*, 624-628.

Hedstr'om, J., Karlsson, B., Kessler, J., Onnelid, M. R. ,Stolt L., ve Wennerberg J., (2001). Thin film PV modules for lowconcentrating systems, *Solar Energy*, *69*(6), 243–255.

Irena, (2012). Solar Photovoltaics, *Renewable Energy technologies: cost analysis series 1*, 4-12.

Kamal Devlal, Kopang Khotso Hlabana, Madan Singh, and Sanjay Singhal, (2015). Grain-size effects on the thermal conductivity of nanosolids, *Journal of Taibah University for Science*, *10*(3), *375-380*

Kim, J., Park, K.M., Rhee, J.G. and Ryu, K., (2006). Conceptand design of modular Fresnel lenses for concentration solar PV system, *Solar Energy*, *80*(12), 1580–1587.

Kulekci, O. C., (2009). Place of Geothermal Energy in The Content of Renewable Energy Sources and it's Importance for Turkey. *Ankara University Journal of Environmental Science, 1*, 83-91.

Lawson, A. C. (2010). Physics of the Lindemann melting rule, Philosophical Magazine Part B Volume 81, 2001 - Issue 3, 1757-1770.

Lech´ on, M. A., Ib´ a˜ nez, M., Rosell, J. I. ve Vallverd´ u, X., (2005). Design and simulation of a low concentrating photovoltaic/thermal system. *Energy Conversion & Management*, *46*(18-19), 3034–3046.

Leung, S., (2011, April 26 - 29). "*Third-Generation and Emerging Solar-Cell Technologies*", *Engineered Optical Absorption of Nano/Micro-pillar Arrays for Efficient Photovoltaics*, [presentation to the symposium]. 2011 MRS Spring Meeting & Exhibit April 25-29, 2011 | San Francisco. https://www.mrs.org/spring2011/program-sessions/?code=B

Madan, S. and Mahipal, S., (2014). *Impact of size and temperature on thermal expansion of nanomaterials. Indian Academy of Sciences 84*(4), 609-619

Mandloi, T. and Anil, J. K. (2015). *International Journal of Modern Trends in Engineering and Research 3,* 755-757.

Nozik, A., (2011, April 26 - 29). *Multiple Exciton Generation in Colloidal Quantum Dots, Singlet Fission in Molecules, Quantum Dot Arrays, Quantum Dot Solar Cells, and Effects of Solar Concentration.* [Presentation to the symposium] Third- Generation and Emerging Solar-Cell Technologies.

Orga PV net, (2009). Technology Roadmap Towards Stable & Low-cost Organic Based Solar Cells, *Particulate Science And Technology 31*(5), 37-41.

Renewable Energy Technologies, Energy Saving Trust, (2003).Factsheet 7: small scale, hydroelectricity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews 16*(2012) 5199–5206.

Tawheed Kibria, M. (2014). Proceedings of 5th International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh. Comparative studies on different generation solar cells technology. *Journal of Ecological Engineering, 18,* 51-53.

ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Kastamonu'da doğdum. İlkokul, ortaokul ve lise eğitimimi Kocaeli'de tamamladım. Trakya Üniversitesi Fizik bölümünü bitirdikten sonra Trakya Üniversitesi Katıhal Fiziğinde yüksek lisansıma başladım.

2012 yılından bu yana Trakya Elektrik Dağıtım A.Ş. firmasında İş Güvenliği Uzmanı olarak çalışmaktayım.