



**DÖRDÜNCÜ ULUSAL  
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ  
UKMK-IV**

**Bildiri Kitabı**

**1. CİLT (Sözel Bildiriler)**

**Editörler**

**İsmail Boz, Metin Hasdemir ve M. Ali Gürkaynak**

**4-7 Eylül 2000, İstanbul Üniversitesi, Avcılar-İSTANBUL**

1. Cilt ISBN No: 975-404-614-X

2. Cilt ISBN No: 975-404-615-8

Takım ISBN No: 975-404-613-1

## 21. YÜZYILDA KİMYA MÜHENDİSLİĞİ VE KİMYA ENDÜSTRİSİ

N Örs\*, S S. Özdemir\*, E. Kalafatoğlu\*, S. Dinçer\*\*\*, T. Savaşçı\*

\* TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Kimya Teknolojileri, P.K. 21, 41470 Gebze Kocaeli.

\*\* Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

### ÖZET

Yüzyılı aşkın bir geçmişe sahip olan kimya mühendisliği, küreselleşme, artan çevre bilinci, teknoloji ve bilimdeki hızlı gelişmeler nedeniyle yeniden yapılanma sürecine girmiştir. Son yıllardaki gelişmeler, kimya mühendisliğinin ilgilendiği olayların zaman ve boyut ölçeğini çok genişlettiğinden üretim prosesinin her yönden optimizasyonunu amaçlayan çok ölçekli ve çok hedefli bir yaklaşımın geliştirilmesi beklenmektedir. Özellikle bilimsel çalışmalarla desteklenecek akıllı işlemler ve çok ölçekli çok hedefli proses kontrolü, yeni üretim tarzları, son kullanım özelliklerine göre üretim, çok ölçekli hesaplamaların ve kontrolün gerçek duruma uygulanması gibi yeni mühendislik araçları söz konusu olacaktır.

Bu makalede, kimya mühendisliği ve kimya endüstrisinin geçmişi kısaca gözden geçirilip 2000'li yıllardaki beklentiler hakkında görüşler derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Kimya mühendisliği, kimya endüstrisi, 21. yüzyıl.

### GİRİŞ

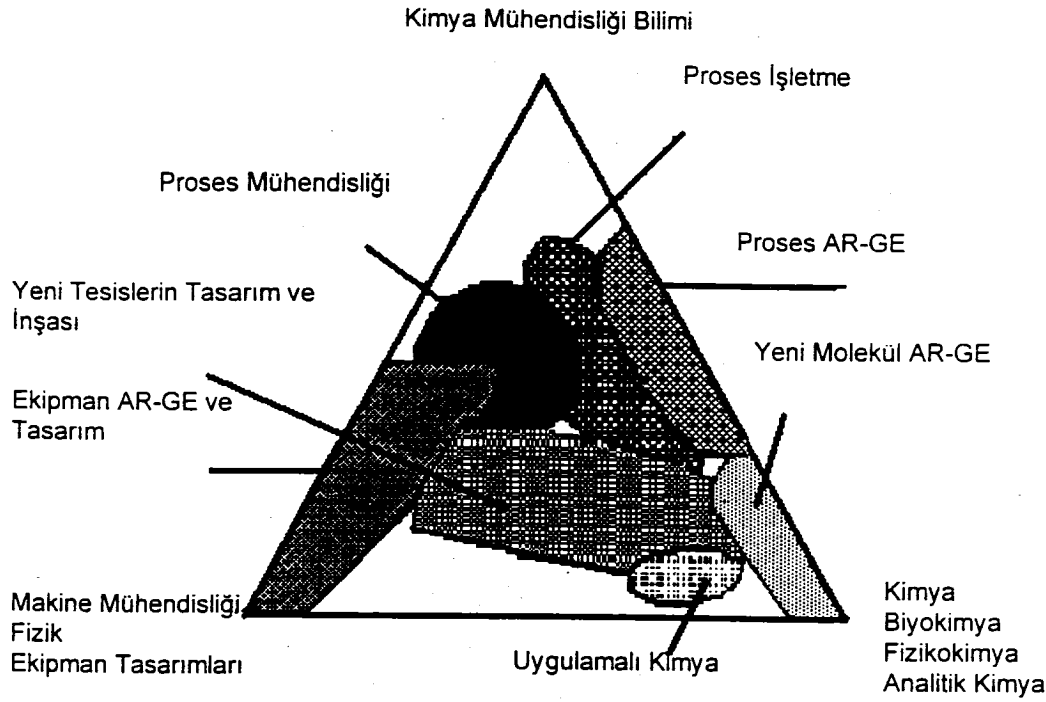
Günlük hayatımızın her safhasında yer alan binlerce değişik kimyasal madde üretilmektedir. Kimya endüstrisinin ürünleri endüstriyel inorganik kimyasallar; plastikler, çeşitli malzemeler ve sentetikler; ilaçlar; sabun, deterjan ve kozmetikler; boyalar; organik kimyasallar; tarım kimyasalları ve diğerleri. gibi sınıflandırılabilir [1].

Kimya mühendisliği özel olarak tasarlanmış kimyasalların ve bunların kullanıldığı malzemelerin ekonomik ve çevreye kötü etkisi en az olacak şekilde üretim teknolojilerinin geliştirilmesini ve endüstriyel ölçekte uygulanmasını sağlayan mühendislik dalıdır. Bu çerçevede kimya endüstrisi hemen her endüstri dalı ve sektörle etkileşimi olan tek endüstri dalıdır. Şekil 1'de görüldüğü gibi, değişik alanlar ile etkileşimi olan kimya mühendisliğinin pek çok alt başlığı vardır.

Kimya endüstrisinin ve buna bağlı olarak kimya mühendisliğinde yapılacak olan çalışmaların önemi nedeniyle bu makalede kimya mühendisliği ve kimya endüstrisinin geçmişi kısaca gözden geçirildikten sonra 2000'li yıllardaki beklentiler irdelenmeye çalışılacak ve toplum ve endüstriyel gelişmeler yararına konunun nasıl yönleneceği hakkında görüşler sunulacaktır.

### KİMYA MÜHENDİSLİĞİNİN İLK YÜZ YILI

Kimya Mühendisliği programı ilk olarak 1888'de Massachusetts Institute of Technology'nin Kimya Bölümünde bir birim olarak başlatılmıştır [3]. Bu program



Şekil 1. Kimya mühendisliğinin çeşitli dallarla ortak çalışma alanları [2].

büyük oranda endüstriyel prosesler ile ürün temelinde oluşturulmuştur. 1915'de Arthur D. Little "birim işlemler" kavramını getirmiştir. A.B.D'de 1920'lerdeki benzin krizi "birim işlemler"de, özellikle damıtmada, büyük gelişmeler sağlamış ve petrokimyanın doğuşuna yol açmıştır. Bunlara paralel olarak proseslerde kütle ve enerji denkliliği, çok bileşenli sistemlerin termodinamik incelemeleri gibi klasik kimya mühendisliği araçları da gelişmiştir.

II. Dünya Savaşı yıllarında kimya mühendisliği anahtar bir rol üstlenmiştir (sentetik kauçuk üretimi, uranyum-235'in saflaştırılması, penisilin üretimi vb.). Bu dönemde yaygın olarak kullanılan birim işlemler yoğun bir şekilde araştırılmış ve pek çok ampirik eşitlik geliştirilmiştir. Birim işlemlerde yer alan olaylar, moleküler düzeyde olaylar dizisi olarak incelenmiş ve çözümlenmiştir. Prosesler ve reaktörler için matematiksel modeller geliştirilip uygulanmıştır. Bu dönemde kimya mühendisliği eğitimi de pek çok disiplini kapsayan, çok bileşenli sistemlerin termodinamik ve kinetiği, taşınım olayları, birim işlemler, reaksiyon mühendisliği, proses tasarımı ve kontrol ile tesis tasarımı ve sistem mühendisliği konularında yoğunlaştırılmıştır. Bunun sonucunda kimya mühendisleri katalizörler, kolloidler ve kolloid teknolojisi, yanma, elektrokimya, polimerler ve polimer teknolojisi gibi disiplinler arası alanlara katkıda bulunanların en başında yer almış ve lider görevi üstlenmişlerdir.

1970'lerde biyoteknoloji, elektronik ve yüksek performanslı malzemeler konularında gelişmeler olmuştur. Bu ürün ve malzemelerin performansının, moleküler düzeydeki yapı ve tasarımlarına bağlı olması ve dolayısıyla kimyasal bileşim ve yapılarının moleküler düzeyde kontrol edilmesi gereği nedeniyle, kimya mühendisliği yaklaşımı bir kez daha derinden etkilenmiştir.

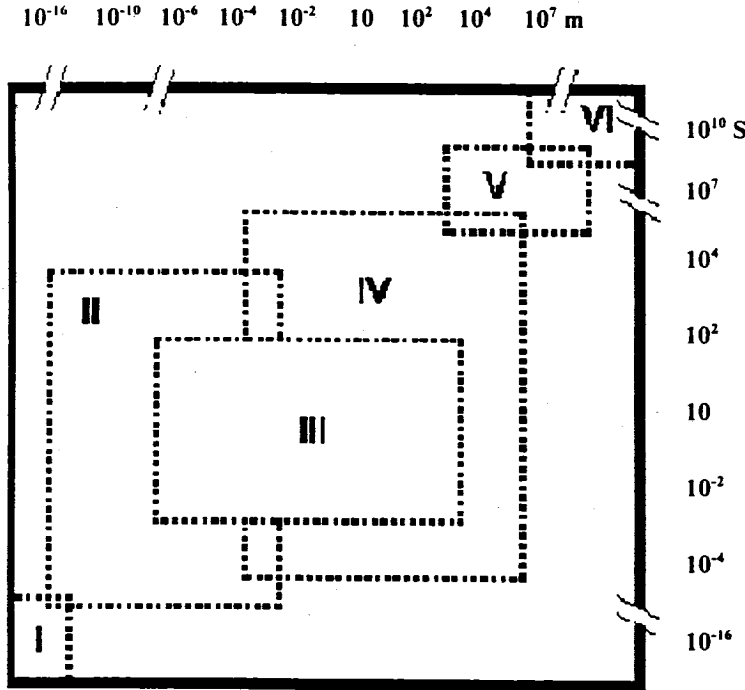
Bunun yanında dünya pazarının küreselleşmesi rekabeti çok arttırmış, ürün kalitesi, performansı ve maliyeti önem kazanmıştır. Bu istemler, ikinci itici güç olarak, proses tasarımı, proses kontrolü ve yeni ürün tasarımı ve prosesleri üzerindeki araştırmaların hız kazanmasına yol açmıştır. Değişimin üçüncü itici gücü ise kimyasal maddelerin üretiminden kullanımına ve atılmasına kadar yaratacağı sağlık ve çevre etkileri olmuş ve

beşikten-mezara çevre etkisi kriterlerinin karşılanması gerekmiştir [2-4]. Dördüncü ve belki de en önemli itici güç ise kimya mühendislerinin entelektüel merakları olagelmıştır.

## YIRMI BİRİNCİ YÜZYILA GİRERKEN KİMYA MÜHENDİSLİĞİ

San Diego'da 1996 yılında gerçekleştirilen 5. Kimya Mühendisliği Dünya Kongresi'nde, kimya mühendisliğinin değişen teknolojiye, ekonomiye, politikaya ve sosyal yaşama ayak uydurabilmesi için yeniden yapılandığı ve çok boyutlu bir değişim içinde olduğu ortaya konmuştur [2]. Değişen dünyanın en önemli karakteristiklerinden biri teknoloji ve iş dünyasının hızlanarak küreselleşmesidir. Bu gerek kimya endüstrisine ve gerekse kimya mühendislerine yeni ufuklar ve fırsatlar sunmakta ve beklenen gelişmelerin itici gücünü oluşturmaktadır.

Kimya mühendisliğinin süregelen ve yeni ortaya çıkan karakteristikleri Tablo 1'de verilmiştir. Buradan kimya mühendisliğinin, artık mikroölçekten makroölçeğe maddelerin fiziksel halini ve kimyasal bileşimini değiştiren endüstriyel proseslerle ilgili olduğu açıkça görülebilir. Günümüzde kimya mühendisliğinde ele alınan konular incelenirse, bu konularla ilgili zaman ve mekan boyutlarının çok genişlemiş olduğu görülür (Şekil 2).



Şekil 2. Kimya mühendisliğinde zaman ve mekan boyutları [5] (I: moleküler/elektronik; II: katalizör/reaksiyon kimyası; III: akışkanlar dinamiği, taşınım; IV: reaktör; V: tesis; VI: ekoçevre).

Kimya mühendisleri, zaman aralığı olarak, moleküler vibrasyonda nanosaniyeden, bir kirleticinin çevrede yok olması için asırlara; boyut aralığı olarak ise, atom ve moleküller için nanometreden, atmosferdeki kirleticinin dağılımında binlerce kilometreye gibi ölçeklerle ilgilenmek zorundadır. Dolayısıyla bir üretim prosesinin her yönden optimizasyonunu amaçlayan çokölçekli ve çok hedefli bir yaklaşım geliştirilmektedir. Ancak günümüzde bunu gerçekleştirecek kavram ve araçların hepsi mevcut değildir. Örneğin nanoölçekte moleküler modelleme ve çekirdek kimyası, mezoölçekte reaktör mühendisliği ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği kısmen açıklanabilmişken, mikroölçekte ara yüzey ve

kolloidlerle ilgili kuramlar ve megaölçekte ozon tabakasının incelenmesi, sera etkisi gibi mekanizmalar henüz tam olarak bilinmemektedir. Herhangi bir ölçekteki olaylarla ilgili kuralların belirlenebilmesi için, söz konusu ölçekten daha küçük ölçeklerdeki kuralların ve detayların bilinmesi gerekmektedir. Kimya mühendisliğinin üçüncü transformasyonu, yapının bir üst düzeyindeki davranışlarını belirleyecek kuramları bulmak olacaktır.

Kimya endüstrisinde ve dolayısıyla kimya mühendisliğinde yer alan değişimlerin ülkelerin gelişmişlik durumu ve konumlarına göre farklılık göstereceği açıktır (Tablo 2).

Tablo 1. Kimya Mühendisliğinin Süregelen ve Yeni Ortaya Çıkan Karakteristikleri [3].

Süregelen karakteristikler	Ortaya yeni çıkan karakteristikler
Pazarda uzun süre değişmeden kalan ürünler.	Pazarda geliştirilmiş yeni ürünlerle hızla yer değişen ürünler.
Bulunurluk ve fiyat açısından rekabete dayalı ürünler.	Kalite ve ürün performansı açılarından rekabete dayalı ürünler.
Küçük moleküllerden homojen malzemeler üretiminde uzmanlık.	Büyük moleküllerden kompozit ve yapısal malzeme üretiminde uzmanlık.
Ticari malzemelerde uzmanlık.	Özel performanslı ürünlerin tasarımı ve üretiminde uzmanlık.
Proses ve yüksek kapasiteli proses tasarımında uzmanlık.	Küçük ölçekli proses tasarımında uzmanlık.
Sürekli proses tasarımında uzmanlık.	Kesikli proses tasarımında uzmanlık.
Tek ürün veya prosesi olan endüstriyel tesis tasarımında uzmanlık.	Esnek üretim tesislerinin tasarımında uzmanlık.
Problem çözümünde yaklaşım ve basit modellerin kullanımı.	Problemlerin kesin çözümü için daha gelişmiş tam model, daha iyi yaklaşım ve bilgisayar kullanımı.
Basit, kısıtlı sayıda analitik cihaz kullanımı.	Gelişmiş çok sayıda analitik cihazların kullanımı.
Tek ürün veya proses etrafında kariyer geliştirme.	Değişik ve çeşitli konularda kariyer değiştirme.
Genellikle kimya mühendisliği bölümlerinde bir baş araştırmacının yürüttüğü akademik araştırmalar.	Kimya mühendisliği bölümlerinde, disiplinler arası araştırmacı gruplarının, değişik merkezlerde ve diğer organizasyonlarda yürüttüğü akademik araştırmalar.
Mezoölçeğe (ekipman düzeyinde) odaklı araştırma ve eğitim.	Mikroölçek (moleküler düzey) ve makroölçeği de (sistem düzeyi) kapsayan araştırma ve eğitim.

Tablo 2. Bazı Ülkelerdeki Kimya Mühendisliğindeki Öncelikli Konular[1, 2, 6-9].

Ülke	Öncelikli konular
A.B.D.	Ticari kimyasallar ve katma değeri yüksek kimyasallarda gruplaşma, küreselleşme, insan ve çevreye uyumlu teknolojiler, enerji, tıbbi teknoloji (biyomedikal mühendislik), gıda üretimi (biyokimyasal mühendislik), son kullanım özelliklerine göre üretim
Avrupa	Yeni malzemeler, enerji, insan ve çevreye uyumlu teknolojiler, tıbbi teknoloji (biyomedikal mühendislik), gıda üretimi (biyokimyasal mühendislik)
Japonya	İleri malzemeler (daha küçük ölçekli ve daha yüksek değerli özellikli ürünler, akıllı malzemeler), insan ve çevreye uyumlu teknolojiler
Asya pasifik	Malzeme teknolojileri, geleneksel ve yeni yapı malzemeleri, petrokimya, insan ve çevreye uyumlu teknolojiler, tıbbi teknoloji (biyomedikal mühendislik), gıda üretimi (biyokimyasal mühendislik)
Türkiye	Malzeme teknolojileri, insan ve çevreye uyumlu teknolojiler, enerji, biyoteknoloji, esnek üretim ve esnek otomasyon teknolojileri

Technology Vision 2020 raporunda [1], 21. yüzyılda kimya endüstrisinde büyük önem kazanacak dört teknik alan olduğu belirtilmiştir.

1) **Yeni Kimya Bilimi ve Mühendislik Teknolojisi:** Birinci teknoloji alanında başlıca iki ana konu gündeme gelmektedir: kimya bilimi ve uygulama teknolojileri. Kimya endüstrisindeki ilerlemelerde en temel itici güç kimya bilimidir ve bunun üç alanında ilerleme gerekmektedir: kimyasal sentez, biyoprosesler ve biyoteknoloji ile malzeme teknolojisi. Uygulama teknolojilerinde ise ilerleme gereken üç alan, proses bilimi ve mühendislik teknolojisi, kimyasal ölçüm ve hesaplama teknolojileridir. Yeni kimya bilimi ve teknolojisinde göze çarpan başlıklar: katalizörler; biyoprosesler; yeni malzemelerin tasarımı, sentezi, işlenmesi ve kullanıldıktan sonra geri kazanılması; gerçek proseslerde uygulanabilecek proses yazılımları, yeni birim işlemlerin geliştirilmesi, yüksek seviyede kontrolü içeren akıllı prosesler; yeni analiz ve hatta doğrudan ölçüm tekniklerinin geliştirilmesi; kimya endüstrisi için çok kritik olan hesaplama teknolojileri, hesaplamalı moleküler bilim, hesaplamalı akışkan dinamiği, proses modelleme ve simülasyonu ile işlem optimizasyonu ve kontrolü olarak gözükmektedir.

2) **Tedarik Zinciri Yönetimi:** Kimya endüstrisi, kimya bilimi, üretim ve imalat üzerinde yoğunlaşmış, bunun yanında tedarikçi, üretici ve müşteri arasındaki kritik bağlantıyı sağlayan tedarik zincirine pek önem vermemiştir. Tedarik zinciri yönetimi, siparişlerin planlanması ve gerçekleştirilmesi, satın alınan, işlenen veya dağıtım yapıları tüm malzemenin muamelesi, taşınması ve depolanması, envanter yönetimi konularını kapsar. Bu konuda yapılacak iyileştirmeler endüstrinin rekabet gücünü arttıracaktır.

3) **Bilgi Sistemleri:** Kimya endüstrisinin rekabet gücü endüstri verilerinin bilgiye dönüştürülmesi, kullanılması, yönetimi ve iletilmesi kapasitesine bağlıdır. Kimya endüstrisinin verimli ve ekonomik bir şekilde çalışabilmesi için geliştirilmiş ve genişletilmiş bilgi sistemleri çok önem kazanacaktır..

4) **Üretim ve İşlemler:** Üretimde gelişme gerektiren alanlar, müşteri odaklı üretim, üretkenlik, bilgi ve proses kontrol, mühendislik tasarım ve inşaatı, geliştirilmiş tedarik zinciri yönetimi ve küresel açılım olarak sınıflandırılabilir.

Yeniden yapılanma sürecine giren kimya endüstrisi ve kimya mühendisliğinde geleceğin konuları da dikkate alındığında bu alandaki araştırmalarda da bazı değişiklikler olması kaçınılmazdır. 1996'da San Diego'da yapılan V.Kimya Mühendisliği Dünya Kongresi'nin sonucunda kimya mühendisliği araştırmalarının dört ana hedefe yöneleceği öngörülmüştür [3] :

1. Akıllı işlemler ve çok ölçekli proses kontrolüyle artan üretkenlik ve seçicilik.
2. Yeni üretim tarzlarını ve bilimsel ilkeleri esas alarak yeni ekipmanların tasarımı.
3. Son kullanım özelliklerine göre üretim; katı teknolojisine özel önem veren "formülasyon mühendisliği".
4. Gerçek durumlarda çokölçekli hesaplamalı kimya mühendisliği uygulamaları.

## SONUÇLAR

Yüzyılı aşkın bir geçmişe sahip olan kimya mühendisliği, yeni bir yüz yüze girerken, küreselleşme, artan çevre bilinci, teknoloji ve bilimdeki hızlı gelişmeler nedeniyle yeniden yapılanma sürecine girmek zorundadır. Son yıllardaki gelişmeler, kimya mühendisliğinin ilgilendiği olayların zaman ve boyut ölçeğini çok genişlettiğinden üretim prosesinin her yönden optimizasyonunu amaçlayan çok ölçekli ve çok hedefli bir yaklaşımın geliştirilmesi beklenmektedir. Bunun için özellikle bilimsel çalışmalarla desteklenecek yeni mühendislik araçları söz konusu olacaktır.

Yeniden yapılanmada ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ve konumlarına göre öncelikleri farklı olacaktır. Ticari ürünler ve katma değeri yüksek ürünlerin üretimi arasındaki dağılım da ülkelere göre farklılıklar gösterecektir. Bu ülkelerdeki AR-GE çalışmaları da bu gerçeği izlemelidir.

Kimya endüstrisi ve kimya mühendisliğindeki bu gelişmelerden Türkiye'nin de etkilendiği açıktır. Bu nedenle, Türkiye'nin 21. yüzyıla girerken vizyonunu oluşturması, kimyasalların üretiminde olduğu kadar kimya mühendisliği AR-GE çalışmalarını da buna paralel olarak geliştirmesi gerektiği kanısındayız.

AR-GE çalışmalarında ülke kaynaklarını en iyi şekilde değerlendirmek için üniversite/özel sektör/araştırma kurumu/devlet işbirliği ve en önemlisi iyi bir organizasyon ve ortak bir vizyon oluşturulması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

1. ACS (American Chemical Society), "Technology Vision 2020, The U.S. Chemical Industry", Washington, 1996.
2. Charpentier J.C. ve P. Trambouze, "Process Engineering and Problems Encountered by Chemical and Related Industries in the Near Future. Revolution or Continuity?", Chem. Eng. & Process, 37, 1998.
3. Krieger J.H., "Chemical Engineering Redefines Itself in Era of Global Change", Chemical & Engineering News, August 19, 1996.
4. Tebo P.V., "The Technology of Today and Tomorrow", Chemtech, March, 1998.
5. Charpentier J.C. ve P. Trambouze, "Process Engineering and Problems Encountered by Chemical and Related Industries in the Near Future. Revolution or Continuity?", Chem.Eng.&Process, 37, 1998.
6. AllChemE (Alliance for Chemical Sciences and Technologies in Europe), "Chemistry-Europe & the Future Science and Technology to Improve the Quality of Life in Europe", Royal Society of Chemistry, London, 1996.
7. Weiner S.A., Cranford B., ve Chum H., "The Chemical Industry of the Future: Two Views", Chemtech, April, 1998.
8. Singh R., "Will Developing Countries Spur Fuel Cell Surge?", Chem. Eng. Prog., March, 1999.
9. TÜBİTAK, "Türkiye'nin Bilim ve Teknoloji Politikası", TÜBİTAK BTP 97/04, 1997.