

Fukushima

CNS@HU-NEM

Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi
Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

İyileştirme
Çalışmaları

Sonuç

Fukushima Nükleer Santral Kazası ve İyileştirme Çalışmaları

Prof. Dr. Cemal Niyazi Sökmen

Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümü
Hacettepe Üniversitesi

9 Mart 2013

Fukushima

CNS@HU-NEM

Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi
Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

İyileştirme
Çalışmaları

Sonuç

- 1 Fukushima Nükleer Santrali
- 2 Kazanın Gelişimi
 - Tasarım Ötesi Kaza
 - Patlamalar
- 3 Kaza Sonrası Santral
- 4 İyileştirme Çalışmaları
- 5 Sonuç

Sahadaki Reaktörler

Fukushima

CNS@HU-NEM

Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi
Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

Yileştirme
Çalışmaları

Sonuç

No	Tip	Koruma Kabı	Devreye Giriş	Güç (MWe)
1	BWR/3	Mark-I	1971	460
2	BWR/4	Mark-I	1974	784
3	BWR/4	Mark-I	1976	784
4	BWR/4	Mark-I	1976	784
5	BWR/4	Mark-I	1978	784
6	BWR/5	Mark-II	1979	1067

- 1 - 3 üniteler çalışmakta
- 4 - 6 üniteler bakımda
- Reaktörde üretilen toplam ısı güç $\approx 3 \times \text{MWe}$

Kazadan Önce

Fukushima

CNS@HU-NEM

Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi

Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

Yileştirme
Çalışmaları

Sonuç



BWR/Mark I Genel Görünüm

Fukushima

CNS@HU-NEM

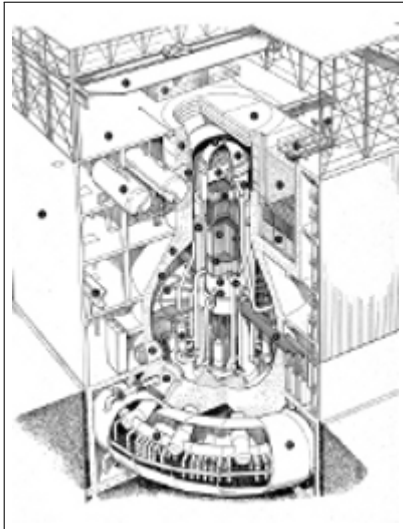
Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi
Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

İyileştirme
Çalışmaları

Sonuç



Mark-I Koruma Kabı

Fukushima

CNS@HU-NEM

Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi
Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

İyileştirme
Çalışmaları

Sonuç

- İki aşamalı (çelik ve beton)
- Basınç artmasını engelleyici havuz
- Filyon ürünlerini tutan havuz
- Patlamayı engellemek için Azot ile doldurulmuş atmosfer

Güvenlik Sistemleri

Fukushima

CNS@HU-NEM

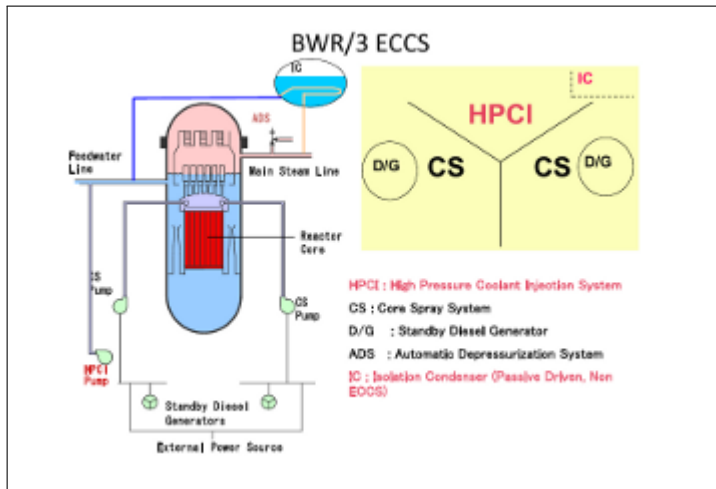
Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi
Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

Yiyeleştirme
Çalışmaları

Sonuç



Güvenlik Sistemleri

Fukushima

CNS@HU-NEM

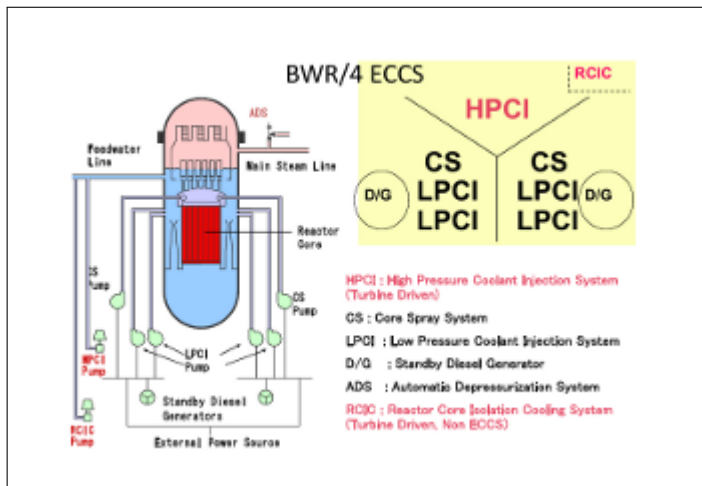
Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi
Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

Yiyeleştirme
Çalışmaları

Sonuç



Deprem ve Tsunami

Fukushima

CNS@HU-NEM

Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi

Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

Yileştirme
Çalışmaları

Sonuç

- Şiddetli Deprem (11 Mart 14:46)
 - 1 - 3 Üniteler kontrol çubukları vasıtasıyla kapatıldı.
 - Fisyon reaksiyonu durdu; sadece bozunum ısısı
 - Isıl güç % 6 x ilk güç
 - Elektrik şebekesinde kesinti
 - Dizel Jeneratörler devreye girdi
- Büyük Tsunami (11 Mart 15:42)
 - Dizel Jeneratörleri devreden çıktı (6. Ünite hariç)
 - Sahada elektrik kaynağı yok (19 Mart akşamına kadar)
 - Bataryalar devreye alındı (\approx 8 saat dayanabilir)
 - Reaktörde üretilen ısı koruma kabının içerisinde kalıyor

Tasarım Ötesi Kaza

Fukushima

CNS@HU-NEM

Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi
Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

Yiyeleştirme
Çalışmaları

Sonuç

Tasarım Ötesi Kaza: Deprem - Tsunami Nedeniyle Uzun Süreli Güç Kaybı - Nihai Soğutma Kaybı (3 Ünite)

Güvenlik Amacı: Çevreye yayılabilecek radyoaktivite nedeniyle olacak zararları mümkün olduğunca azaltmak

Önlemler:

- Çevrede oturanların boşaltılması
- Koruma Kabının havalandırılması
- Reaktör Basınç Kabına su/deniz suyu basılması
- Reaktörün kritik olmasını engellemek

Patlamalar

Fukushima

CNS@HU-NEM

Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi
Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

İyileştirme
Çalışmaları

Sonuç

- Soğutma sistemleri devreden çıkıyor
- Reaktör basınç kabı içerisindeki su seviyesi düşmeye başlıyor
- Buharla temas eden yakıt yüzeylerinde H_2 üretimi başlıyor
 - Zr, H_2O reaksiyonu ekzotermik; Yeni ve daha şiddetli bir ısı kaynağı
 - Yakıt yüzeyi kırılğan hale geliyor; Fisyon ürünleri soğutucuya karışabilir
 - Hafif ve yoğunlaşmaz; Buharın dolaşımını engeller
 - Yeterince H_2 ve O_2 bulunursa patlayabilir; Reaktör ve basınç kaybı kaybedilebilir
- Çekilemeyen ısı sonucunda koruma kabı içerisinde basınç artıyor
- Buhar ve Hidrojen karışımı ikincil koruma kabına bırakılıyor
- H_2 patlaması (12 Mart Ünite 1, 13 Mart Ünite 3, 14 Mart Ünite 2)

Önemli hasarlar

Fukushima

CNS@HU-NEM

Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi
Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

İyileştirme
Çalışmaları

Sonuç

- 1 Yakıtlar zarar gördü; yer değiştirdi, eridi, fisyon ürünleri açığa çıktı,
- 2 Reaktör Basınç Kabı zarar gördü ve delindi,
- 3 Reaktör Binaları hasar gördü,
- 4 Sahadaki radyasyon seviyeleri değişken ve yüksek,
- 5 Ölçüm sistemleri hasarlı,

İstenen Durum:

- 1 Düşük sıcaklıkta kapalı çevrim soğutma
- 2 Radyoaktivite yayılmasını engellemek

Nihai Hedef: Serbestleştirme

Kazadan Sonra

Fukushima

CNS@HU-NEM

Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi
Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

İyileştirme
Çalışmaları

Sonuç



Temel Hedefler

Fukushima

CNS@HU-NEM

Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi
Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

İyileştirme
Çalışmaları

Sonuç

- Reaktörlerin soğutulması
- Radyoaktif atıkların kontrolü
 - Soğutmada kullanılan su
 - Bina molozları
 - Kullanılmış yakıtlar
 - Kirlenmiş ağaç, toprak
- Reaktörlerin korunması
 - Deprem ve tsunamiye karşı
 - Yeni ölçüm sistemleri
 - Hidrojen patlamasının engellenmesi
- 30-40 yıllık çalışma ve araştırma programı

Reaktörlerin Soğutulması

Fukushima

CNS@HU-NEM

Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi
Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

İyileştirme
Çalışmaları

Sonuç

Amaçlar:

- Bozunma ısısının çekilmesi
- Kullanılmış yakıt havuzlarının soğutulması
- Hidrojen patlamasının engellenmesi
- Kritikliğin engellenmesi

Yapılanlar:

- Kapalı çevrim soğutma
- Yedek su ve güç kaynakları
- Azot ile Hidrojen konsantrasyonun kontrolü
- Yeni ölçüm cihazları

Radyoaktivite Kontrolü

Fukushima

CNS@HU-NEM

Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi
Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

İyileştirme
Çalışmaları

Sonuç

Amaçlar:

- Deniz suyu kirlenmesinin engellenmesi
- Santral sınırındaki değerlerin normal seviyelere çekilmesi
- Santral içi çalışanların korunması
- Genel temizlik

Yapılanlar:

- Saha içi depolama tankları (300-700 bin m³)
- Saha içi izotop temizleme
- Limana koruyucu bariyer
- Reaktör binalarına su sızmasının engellenmesi
- Kapalı depolama alanları
- Radyasyondan korunma programları

Özetle

Fukushima

CNS@HU-NEM

Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi
Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

İyileştirme
Çalışmaları

Sonuç

Ne Oldu? Üç tane kor erimesi, bir tane yakıt havuzu patlaması
Sonuçları Saha dışı radyolojik etkiler ve atık haline gelmiş bir saha

Neden Oldu? Deprem ve Tsunami, Elektrikler kesildi ...

Ortak bir nedene bağlı olarak farklı sistemlerin çalışmaması
40 yıl önce saha parametreleri doğru seçilmemiş!

40 yıl boyunca gerekli iyileştirmeler yapılmamış!

Olmayabilir miydi? Fukushima-II santrali veya Ünite-6 veya Onagawa santrali

Kim Zarar Gördü? Boşaltılan bölgedeki halk, santral çalışanları, çevredeki doğal yaşam

Ne Zaman Biter? En az 30-40 yıl sonra saha temizlenebilir.

Fukushima

CNS@HU-NEM

Fukushima
Nükleer Santrali

Kazanın Gelişimi
Tasarım Ötesi Kaza
Patlamalar

Kaza Sonrası
Santral

İyileştirme
Çalışmaları

Sonuç

2040 yılına kadar benzer toplantılarda görüşmek üzere
Teşekkürler