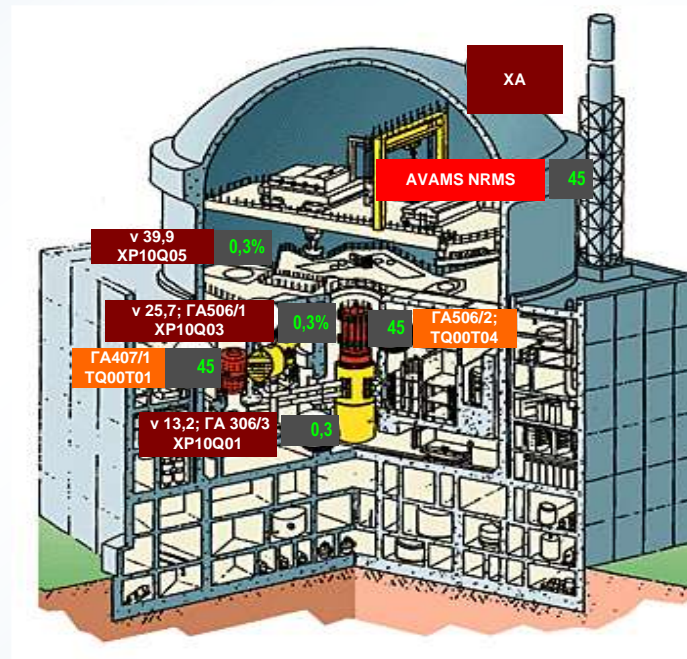


# Цели за безопасност в новите проекти на ядрени централи



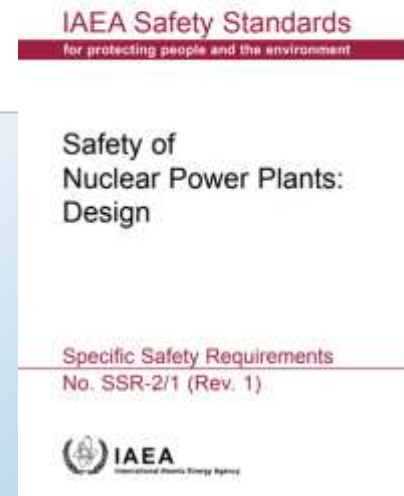
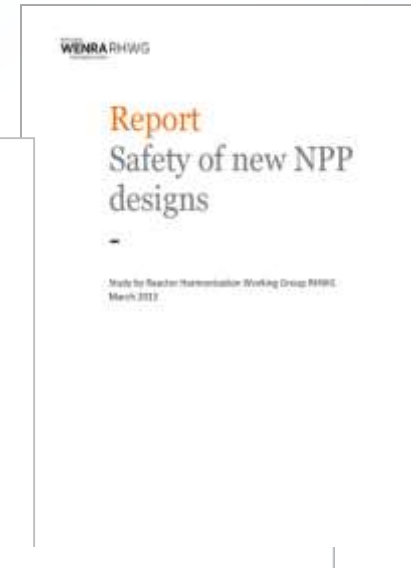
## Цел на доклада

Целта на доклада е да представи изискванията заложи в Наредбата за осигуряване безопасността на ядрени централи към проектирането на нови ядрени централи. С отчитане на натрупания опит от експлоатация на съществуващите централи и на грешките с цел да се намалят до минимум рисковете при за околната среда и населението.

---

## МОТИВИ

- Цели на безопасност на нови ЯЦ – концептуално нови изисквания;
- Уроците от аварията в АЕЦ „Фукушима“;
- Развитие на стандартите за безопасност;
- Опит от натрупан от експлоатацията на съществуващи централи.



## Структура

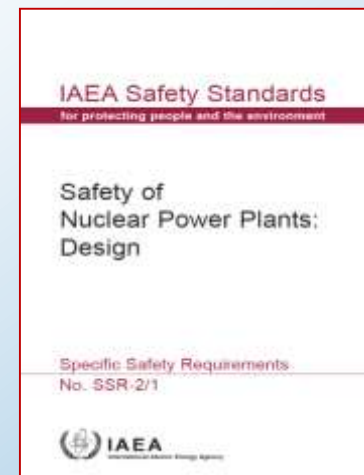
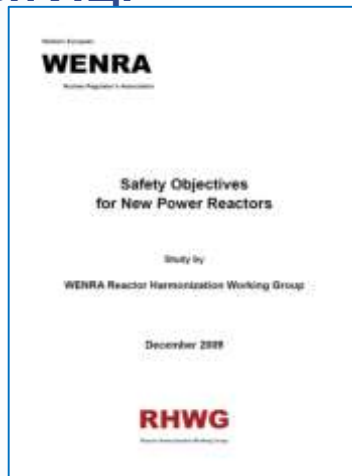
1. Общи положения – **нови цели на безопасност**
  2. Експлоатираща организация – **система за управление**
  3. Характеристики на площадката – **уроци от аварията в АЕЦ Фукушима**
  4. Защита в дълбочина и проектни основи – **концептуално нови изисквания**
  5. Оценка на безопасността – **екстремни външни събития и опасности, обща оценка на площадката като цяло с всички ядрени съоръжения**
  6. Изисквания към ЯЦ и нейните системи при проектиране
  7. Строителство и въвеждане в експлоатация
  8. Експлоатация
-

## Терминология

- Ядрено гориво – в активната зона и в басейна за съхранение на отработено гориво,
  - Аварии без стопяване на ядрено гориво, предизвикани от:
    - ✓ индивидуални изходни събития;
    - ✓ множествени откази;
  - Аварии със стопяване на ядрено гориво,
  - Концепция на практическо изключване (предотвратяване, елиминиране) на големи и ранни изхвърляния в околната среда
    - ✓ Големи изхвърляния
    - ✓ Ранни изхвърляния
  - Синергичен ефект от комбинираното прилагане на изискванията и мерките за безопасност и сигурност,
  - Прилагане на апробирани технологии при проектиране.
-

## Цели на безопасност на нови ЯЦ

- Цели и критерии на безопасност в проектите на нови ЯЦ – формулирани в документите на WENRA и МААЕ
- Хармонизиран подход на WENRA към безопасността в проектите на нови ЯЦ:
  - ✓ (2009) Цели на безопасност, които следва да се отчитат в проектите на нови ядрени централи;
  - ✓ (2012) Общи позиции по ключови аспекти на безопасността, с които се демонстрира изпълнението на дефинираните цели на безопасност;
  - ✓ (2013) Обща декларация на WENRA за целите на безопасност на нови ЯЦ.



## Цели на безопасност

ЯЦ се проектира, разполага, изгражда, въвежда в експлоатация и експлоатира по такъв начин, че да бъдат изпълнени целите на безопасност в следните области:

1. нормална експлоатация, отклонения от нормалната експлоатация и предотвратяване на аварии;
  2. аварии без стопяване на ядрено гориво;
  3. аварии със стопяване на ядрено гориво;
  4. независимост между всички нива на защита в дълбочина;
  5. взаимна връзка между безопасността и физическата защита;
  6. радиационна защита и управление на РАО;
  7. компетентно ръководство на дейностите и ефективно управление на безопасността
-

## Цел на безопасност (1)

1. При състояния на нормална експлоатация, отклонения от нормалната експлоатация и предотвратяване на аварии, целите на безопасност са:

- намаляване на честотата на отклоненията от нормалната експлоатация чрез повишаване на способността на ЯЦ да остава устойчива в рамките на експлоатационните предели и условия;
  - ограничаване на възможността за развитие на отклоненията от нормалната експлоатация в аварии чрез повишаване на способността на ЯЦ да управлява отклоненията от нормалната експлоатация.
-



## Цел на безопасност (2)

2. При аварии без стопяване на ядрено гориво целите на безопасност са предотвратяване на повреда на горивото чрез технически и организационни мерки, като се демонстрира, че:

- в практически възможната степен е намалена вероятността за стопяване на ядрено гориво с отчитане на всички видове откази, външни събития и опасности и на реалистични комбинации от тях;
  - такива аварии не предизвикват радиологично въздействие извън площадката на ЯЦ или не изискват прилагане на йодна профилактика, укриване или евакуация за защита на населението;
  - освобождаването на радиоактивни вещества от всички източници на йонизиращи лъчения е сведено до минимум в практически възможната степен;
  - на етапите на избор на площадка и на проектиране са предприети мерки за намаляване влиянието на външните събития и опасности и на злоумишлените действия.
-

## Цел на безопасност (3)

3. При аварии със стопяване на ядрено гориво целите на безопасност са намаляване на възможните радиоактивни изхвърляния в околната среда както по време на аварията (в реактора и в басейна за съхранение на отработено гориво), така и за продължителен период (определен с отчитане на времето, необходимо за поддържане на функциите на безопасност) при спазване на следните критерии:

- аварии със стопяване на ядрено гориво, които водят до ранни или големи радиоактивни изхвърляния в околната среда, трябва да са практически изключени;
  - за аварии със стопяване на ядрено гориво, които не могат практически да се изключат, се предприемат такива проектни решения, че да са необходими само ограничени по място и време мерки за защита на населението (без постоянно преселване, липса на необходимост от евакуация извън непосредствената околност до ЯЦ, ограничено укриване, липса на дългосрочни ограничения за консумация на храни) и да е налично достатъчно време за прилагане на тези мерки.
-

## Количествено изражение на цели на безопасност 1-3

Състояния на ЯЦ	Цели на безопасност
Експлоатационни състояния	Год. доза от вътрешно и външно облъчване от въздействието на всички ЯС на площадката - 0,15 mSv
Аварии без стопяване на гориво	Без радиологични последствия извън площадката – не се достигат нивата за намеса за прилагане на защитни мерки (йодно блокиране, укриване, евакуация)
- честота на стопяване на ядрено гориво	1E-5 годишно за енергиен блок
Аварии със стопяване на гориво	Практически изключени или последствия, ограничени по място и време
- честота на големи ранни изхвърляния в ок. среда	Практически изключени

## Цел на безопасност (4)

### 4. Независимост между всички нива на защита в дълбочина

- За достигане на цялостно укрепване на защитата в дълбочина трябва да се повиши в практически възможната степен независимостта между отделните нива на защита, включително чрез използване на принципа на разнообразие (диверсификация).
-

## Цел на безопасност (5)

**5. Взаимна връзка между безопасността и физическата защита (синергия безопасност – сигурност)**

- мерките за осигуряване на безопасността и мерките за осигуряване на физическата защита да се проектират и прилагат по добре обмислен и хармоничен начин;
  - Повишаването на безопасността и на физическата защита трябва да се постигат съвместно.
-

## Цел на безопасност (6)

**6. Целта при радиационната защита и управлението на РАО е да се прилагат проектни решения, с които при всички експлоатационни състояния да се намаляват в разумно достижима степен:**

- **индивидуалните и колективните дози на персонала;**
  - **радиоактивните изхвърляния в околната среда;**
  - **количествата и активността на радиоактивните отпадъци.**
-

## Цел на безопасност (7)

**7. Постигане на компетентно ръководство на дейностите и ефективно управление на безопасността, започвайки от етапа на проектиране**

Това изисква експлоатиращата организация:

- да установи ефективно управление на безопасността на проекта на ЯЦ,
  - да притежава компетентен персонал и достатъчни технически и финансови ресурси да носи пълната отговорност за осигуряване на безопасността;
  - да предприема такива мерки, че персоналът на всички други организации (включени в проучване на площадката, проектиране, строителство, въвеждане в експлоатация и експлоатация) демонстрира познаване на проблемите на безопасността, свързани с неговата работа и на личната му роля в осигуряване на безопасността.
-

## Независимост на нивата за защита

Цел - загубата или неефективността на едно ниво на защита да не влияе върху възможността за реализация на защитата от другите нива.

Независимостта на КСК, изпълняващи функции на безопасност на различни нива на защита, се осигурява с едновременното изпълнение на следните условия:

1. възможността за изпълнение на необходимите функции на безопасност да не се влияе от работата или неработоспособността на КСК, които участват във функциите на безопасност на други нива на защита;
  2. възможността за изпълнение на необходимите функции на безопасност да не се влияе от последствията на постулирани изходни събития, включително вътрешни и външни опасности, при които се изисква функционирането на съответните КСК.
    - Независимостта между отделните нива на защита се постига чрез прилагане на принципите на разнообразие, физическо разделяне (чрез преграда или разстояние) и функционално изолиране;
    - Проектът трябва да осигурява достатъчна ефективност на първите две нива на защита за предотвратяване развитието в аварии на всички откази и отклонения от нормалната експлоатация,
    - Системите и средствата за предотвратяване на аварии със стопяване на ядрено гориво трябва да са независими от тези, предназначени да изпълняват функции на безопасност при тежка авария в такава степен, че да не пречат изпълнението на тези функции.
-



## Независимост на нивата за защита (2)

- Независимостта между отделните нива на защита се постига чрез прилагане на принципите на разнообразие, физическо разделяне (чрез преграда или разстояние) и функционално изолиране;
  - Проектът трябва да осигурява достатъчна ефективност на първите две нива на защита за предотвратяване развитието в аварии на всички откази и отклонения от нормалната експлоатация,
  - Системите и средствата за предотвратяване на аварии със стопяване на ядрено гориво трябва да са независими от тези, предназначени да изпълняват функции на безопасност при тежка авария в такава степен, че да не препятстват изпълнението на тези функции.
-

## Концепция за практическо изключване

### Практически изключени състояния

- Състояния, събития, аварийни последователности, сценарии, процеси, явления, условия и натоварвания:
    1. които физически не могат да се случат, или
    2. за които са доказани с **комбинация от детерминистичен и вероятностен анализ**
      - ✓ ефективност на предприетите в проекта мерки и
      - ✓ изключително ниската вероятност за възникване, определена с високо ниво на доверие.
  - Критерият за физическа невъзможност се прилага приоритетно при демонстрирането на практически изключени състояния;
  - Неприемливо е демонстрирането на практически изключени състояния само с аргумента, че вероятността им за възникване е по-ниска от определена стойност.
-

## Концепция за практическо изключване (2)

Състояния, които трябва да бъдат **практически изключени**:

- изходни събития, които водят директно към тежка авария с големи или ранни изхвърляния (напр. разрушаване на основни компоненти, като корпуса на реактора);
- зависими откази, вътрешни и външни събития и опасности с възможност да причинят големи или ранни изхвърляния;
- сценарии на аварии със стопяване на гориво, които застрашават целостта на херметичната конструкция;
- стопяване на гориво в басейн за съхранение на отработено гориво, предвид невъзможността за практическо изпълнение на мерки за управление на аварията.

Всяко изключване на изходно събитие или аварийна последователност от анализа на безопасността се обосновава и документира въз основа на съответствие с технически аргументирани критерии.

---

## Множествени откази (ниво 3b)

Избор на събития с множествени откази:

- постулиран отказ по обща причина (или неефективност на всички канали) на система за безопасност, изпълняваща изисквана функция на безопасност в условията на изходно събитие или очаквано експлоатационно събитие;
  - постулиран отказ по обща причина на система за безопасност или система, важна за безопасността, изпълняваща основна (фундаментална) функция на безопасност при нормална експлоатация.
-

## Множествени откази (2)

Анализ на събития с множествени откази – цел:

- Да се потвърдят възможностите на проекта за справяне с откази по обща причина (диверсификация);
- Да се определи необходимостта от допълнителни мерки за предотвратяване на стопяване на ядрено гориво;
- Да се демонстрира достатъчен запас до настъпване на прагови ефекти.

При анализа на тези събития се прилагат специфични правила и допускания (разумно консервативни или реалистични).

---

## Външни събития и опасности

Оценката на външните събития и опасности включва следните методологични стъпки:

1. Определяне на всички източници на опасност, характерни за площадката и района на разполагане на ЯЦ, със следния произход:
    - природни явления, процеси и фактори, характерни за площадката и района около нея;
    - опасности, предизвикани от човешка дейност;
  2. Предварителен подбор въз основа на установени критерии
    - изключването на събития от анализ се допуска само в случаите, когато с висока степен на достоверност е демонстрирано, че е физически невъзможно или изключително малко вероятно събитието да повлияе на безопасността
  3. Оценка на параметрите на въздействие на избраните външни събития;
  4. Анализ на външните събития с детерминистични и вероятностни методи.
-

## Събития от естествен произход

### Категории събития

- Проектни събития (единични събития от естествен произход и комбинации от причинно свързани или несвързани явления и процеси), с честота на поява най-малко  $10^{-4}$  годишно;
- Екстремни събития, които се идентифицират и оценяват за определяне на запасите до настъпване на прагови ефекти.

### Избор на параметрите за анализ на проектни събития

- Параметрите на въздействие на проектните събития се определят консервативно;
  - Когато не е възможно да се определи честотата на поява с приемливо ниво на достоверност, се избират параметри на съответното събитие или опасност, които осигуряват еквивалентно ниво на безопасност;
  - По отношение на сеизмичния хазарт, минималното ускорение за сеизмично осигуряване в качество на МПЗ е  $1 \text{ m/s}^2$  на кота естествен терен.
-

## Събития от естествен произход (2)

### Концепция за защита от външни събития

- Разработва се на основата на детерминистичен анализ на проектните събития
- Осигурява консервативно изпълнение на основните функции на безопасност за всички преки и за вероятните косвени ефекти от проектното събитие

### Концепция за практическо изключване на екстремните събития

- Аварии със стопяване на гориво, предизвикани от външни събития от естествен произход, които водят до големи или ранни изхвърляния на радиоактивни вещества в околната среда, трябва да се изключат практически, като се докаже с висока степен на достоверност, че поява им е изключително малко вероятна;
  - Екстремните събития и явления, които не могат практически да се изключат, се идентифицират и анализират за определяне на възможните подобрения, свързани с тях.
-



## Катастрофа на съвременен самолет

- В изпълнение на цел на безопасност 5 за съвместно разглеждане на аспектите на безопасността и физическата защита, в проекта на новите ЯЦ се изисква да се отчита умишлен сблъсък на съвременен пътнически самолет;
  - Независимо, че такъв сблъсък може да се категоризира и анализира като екстремно събитие, последствията не трябва да водят до стопяване на гориво и освобождаване на радиоактивни вещества в околната среда;
  - С анализа трябва да се демонстрира изпълнение на основните функции на безопасност:
    - ✓ Контрол на реактивността, включително задействане на аварийната защита;
    - ✓ Отвеждане на топлината, отделена в активната зона и в басейна за съхранение на отработено гориво в продължителен период от време за предотвратяване стопяване на гориво;
    - ✓ Задържане на радиоактивните вещества, в съответствие с цел на безопасност 2.
-

## Катастрофа на съвременен самолет (2)

### Оценка на безопасността

- Мерките за защита на строителните конструкции и системите, необходими за привеждане и поддържане на ЯЦ в безопасно състояние се оценяват с отчитане на:
    - ✓ ефектите от директни и вторични въздействия върху тяхната механична устойчивост;
    - ✓ ефектите от вибрации върху тяхната работоспособност;
    - ✓ ефектите от запалване и експлозия на самолетно гориво върху тяхната цялост.
  - При анализа се прилагат реалистични допускания за работоспособност на КСК и за свойствата на материалите;
  - Извършва се анализ на чувствителността на резултатите за потвърждаване на достатъчен запас до настъпване на прагови ефекти.
-

# Обща оценка за всички съоръжения на площадката на ЯЦ

- ЯЦ трябва да се разглежда като цяло в оценката на безопасността, т.е. като съвкупност от всички ЯС на площадката
  - Проектите на всички ЯС на площадката се преглеждат с използване на систематичен подход за идентифициране на потенциална зависимост по отношение на хранене с технологични среди и енергия, общи обслужващи възли.
  - Анализират се следните аспекти:
    - ✓ Независимост на изпълнение на основните функции на безопасност на всеки един от блоковете – използване на общи ресурси, общо оборудване (включително мобилно), връзки и взаимодействие между отделните блокове;
    - ✓ Автономността по отношение на доставки, необходими за изпълнение на функциите на безопасност – за обоснован период, но не по-малко от 72 часа;
    - ✓ Външни събития и опасности, които могат да предизвикат множествени откази в системите за безопасност и/или техните осигуряващи системи и които могат да засегнат едновременно няколко блока на площадката, инфраструктурата на площадката, регионалната инфраструктура, доставките;
  - Целта е да се потвърди, че общите ресурси (вкл. персонал, техн. средства, материали), предназначени за управление на тежка авария, ще са достатъчни и ефективни за всяко едно съоръжение.
-

## Заключение

Прилагането на целите за безопасност, заложи в новата Наредбата за осигуряване безопасността на ядрените централи, се очаква да доведе до ограничаване на риска от тежка авария и практически изключване на големи или ранни изхвърляния на радиоактивни вещества в околната среда, за които не могат да се изпълнят ефективни мерки за защита на населението.

---