

Kihívások és válaszok: A külső veszélyek kezelése a korszerű tervezési gyakorlatban

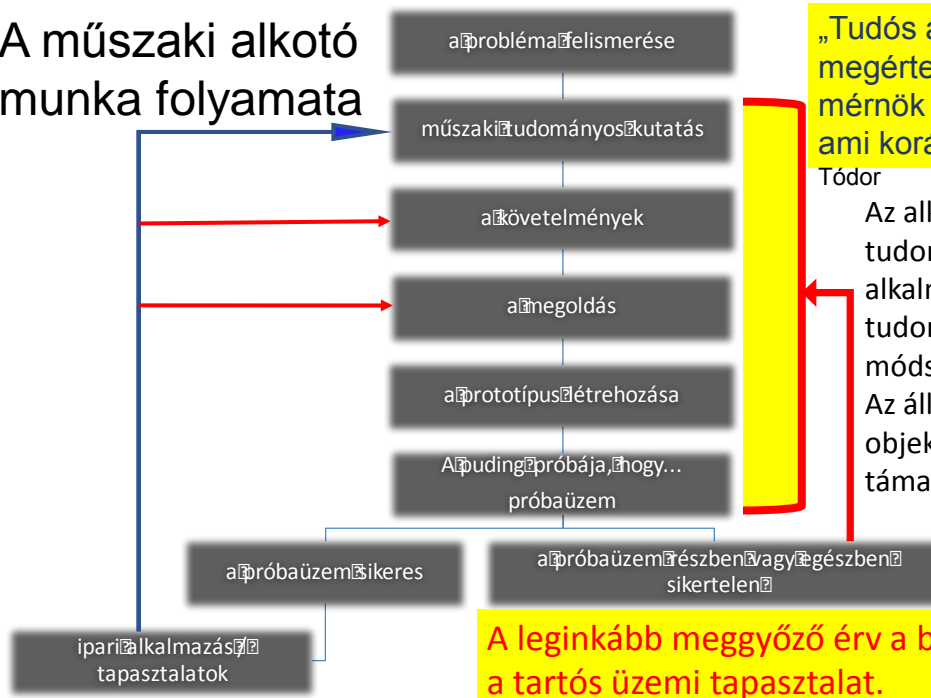
Katona Tamás János



Kis valószínűségű veszélyek – valóban rendkívüli hatások

VESZÉLY / HATÁS	ÚJ ATOMERŐMŰ 10 ⁻⁵ /év gyakoriságú hatás	HAGYOMÁNYOS IPARI LÉTESÍTMÉNY 10 ⁻² –10 ⁻³ /év gyakoriságú hatás
repülőgép rázuhanás	igen	nem veszik figyelembe
nagy légitársaság rázuhanása	igen	nem veszik figyelembe
a biztonsági földrengés max. vízszintes gyorsulása	0,34 g	0,06g
robbanás	30 kPa (felvett)	csak speciális létesítményeknél
max. szélsébség	47,7 m/s (172km/h)	31,4 m/s (113 km/h)
tornádó	F3	nem veszik figyelembe
hőmérséklet minimum	-59,1 °C	-32,2 °C
hőmérséklet maximum	48,3 °C	40,4 °C
max. napi csapadék	156 mm	84,4 mm
max. hóvastagság	133 cm	62 cm

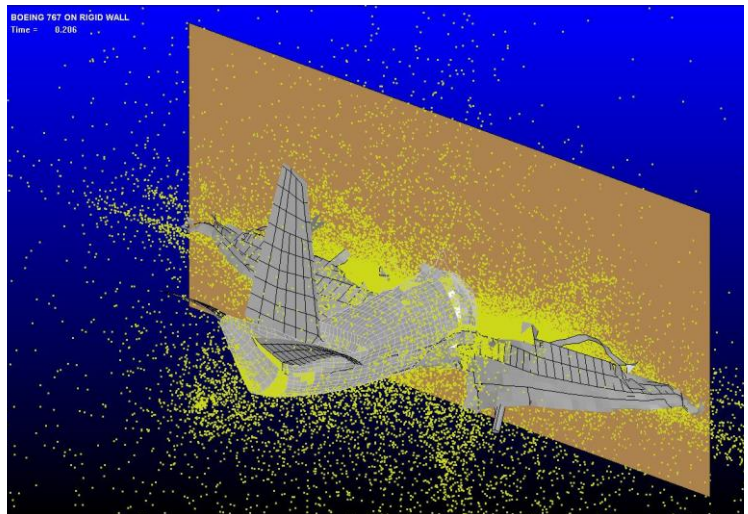
A műszaki alkotó munka folyamata



A biztonságra történő tervezés

Az atomerőmű tervezésénél a műszaki tudományok minden eddigi igazolt/bevált eredményét, módszerét alkalmazzák.

Nem misztikum a nukleáris létesítmény tervezése, csak sajátos, épp az igen kis valószínűségű hatások figyelembe vétele miatt.



Vannak tervezési elvek, amelyeket a biztonságra törekedve, más alkalmazásokhoz képest szigorúbban alkalmazunk

Elvek

- mélységben tagolt védelem
- konzervatív tervezés
- redundancia
- diverzitás
- funkcionális és térbeli szétválasztás

Megoldások

- rendszertechnikai (biztonsági rendszerek)
 - aktív
 - passzív
- szerkezeti
- diszpozíciós
- adminisztratív

Azt a megoldást kell választani, ami a veszély jellegének (előjelezhetőség, gyorsaság) legjobban megfelelően a maximális védelmet nyújtja.

A relatíve lassan kifejlődő, jól előjelezhető, s egyben elég jól ismert hatások

Az egy-százéves, **mértékadó hőmérsékleti szélsőségek a paksi telephelyen 48,3 °C és a minimum -59,1 °C** (ezek átlagértékek, a közép vagy medián értékek 48,1 °C és -57,8 °C), de műszakilag nem kezelhetetlenek.



Tények és tapasztalatok

Csukcsföldön, a Bilibinói Atomerőmű szubpoláris körülmények között működik 1974 óta. Szélsőséges hidegek vannak a Kolai Atomerőmű telephelyén is, s rekord hidegeket élt meg a világ számos atomerőműve is (lásd Incident International Reporting System for Operating Experience IAEA OECD/NEA).



7

Tények és tapasztalatok

A Busheri Atomerőmű Iránban szélsőséges sivatagi forró klímában,

a Tamilföldön, Indiában a Kundakulami Atomerőmű a monszun zónában kibírja a szélsőségesen csapadékos és tartósan meleg időjárási körülményeket.

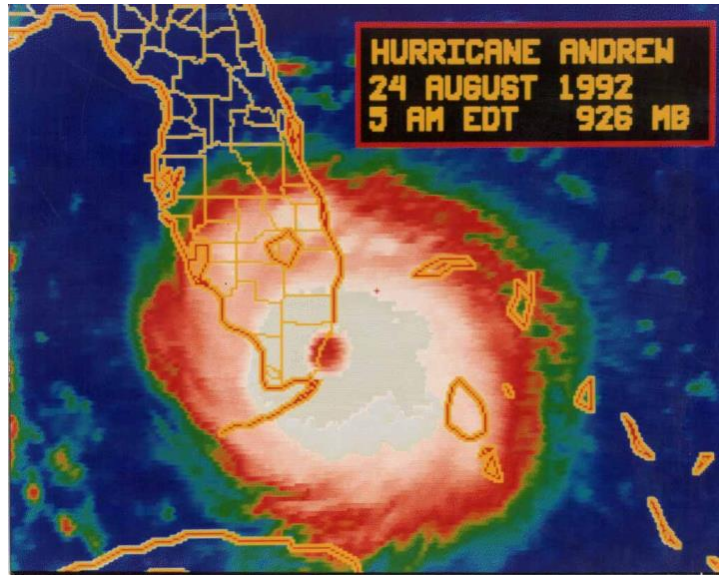


8

Tények és tapasztalatok

Az egy százéves előfordulási gyakorisághoz rendelt **maximális szélőkés átlagértéke Pakson** 47,7m/s, azaz **172 km/óra**. Ez nem sokkal múlja fölül a 2013 márciusi tél idején a Kab-hegyen mért értéket (165 km/h), de ez sem jelent kezelhetetlen terhet, amit a tapasztalatok is igazolnak.

1992. augusztusában a Turkey Point Atomerőművet (USA) elérte a Andrew hurrikán 230 km/h sebességgel, s a szélőkésék sebessége 280 km/h volt.



Tények és tapasztalatok

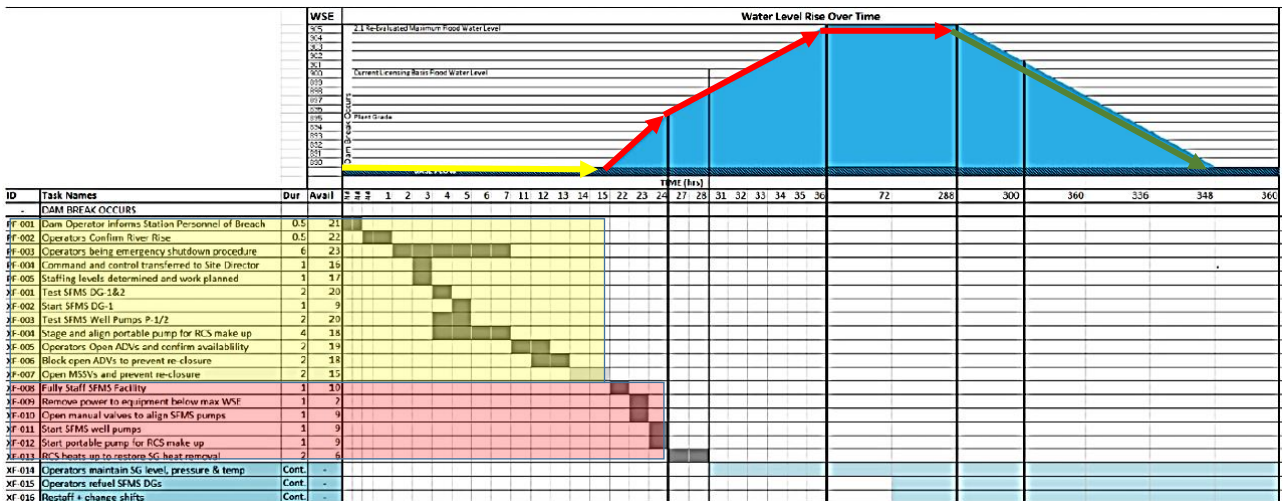
2012. októberében a Sandy hurrikán 175 kilométer óránkénti sebességgel végig söpört az USA keleti partvidékén, ahol harmincnégy atomerőmű üzemel. Ebből huszonnégy zavartalanul üzemelt a hurrikán ideje alatt és után, hét éppen az éves főjavítás alatt volt, s három biztonságosan leállt a hálózat sérülése miatt. S ez nem egyedülálló esemény, hisz 2011-ben az Irene hurrikánt, 2005-ben a Katrinát, 2004-ben a Jeanne hurrikánt élték túl az atomerőművek.



Ha van idő fölkészülni, intézkedni, a szélsőségesen súlyos helyzeteket is lehet kezelni



Felvízi gát szakadása - forgatókönyv



NEI 16-05, Revision 1
June 2016

A modern felkészülés a tervezett-beépített és a tervezetten rendelkezésre álló, helyszíni és telephelyen kívüli megoldások kombinációja, amelyek alkalmazása szcenárió-függő

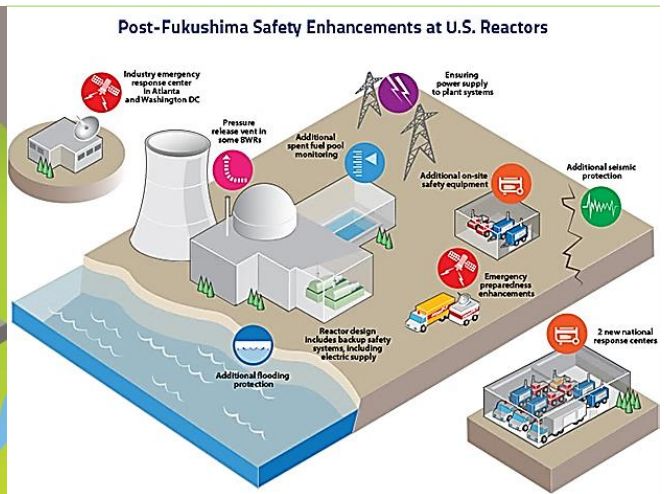


tervezett, beépített

„provizórikus” rendelkezésre álló



A modern felkészülés a tervezett-beépített és a tervezetten rendelkezésre álló, helyszíni és telephelyen kívüli megoldások kombinációja, amelyek alkalmazása szcenárió-függő



Ha nincs idő fölkészülni

Tornádó volt szerda délután Bátán
(2017. május 3.)



Rinkóczi Adrián friss fotója: <https://www.idokep.hu/hirek/tornado-volt-batan>



European Severe Weather Database

ESWD
Version 4.2.2 (20 Dec 2013) The ESWD is operated by European Severe Storms Laboratory

username: _____ password: _____ remember username log on immediately next time

Submit a report to the ESWD Make a selection Reporting criteria Information, terms and conditions...

Selected data from the database

selected: all reports
- occurring between 26-04-2017 00:00 and 03-05-2017 24:00 GMT/UTC

number of selected reports: 129
Only the first 25 selected events are shown in the table
Dynamic map [Static Map](#)

Map data © OpenStreetMap contributors, CC-BY-SA, Reports from © ESWD

▼ tornado ◻ severe wind ◻ large hail ◻ heavy rain
 ◻ funnel cloud ◻ gustnado ◻ dust devil
 ◻ heavy snowfall/snowstorm ◻ ice accumulation ◻ avalanche ◻ damaging lightning
 ◻ HURRICANE

table of all selected reports

Report	Data	Notes
19	Bata, Torna Hungary (46.15 N, 16.77 E) × 3 km 03-05-2017 (Wednesday) 18:00 UTC (+1:00 min)	based on information from: photo or video of the event, an eye-witness report, a report by a weather service, a report on a website occurring over land Sudden violence was not observed. The funnel cloud was observed tornado observed near Bata village; source: "Tornado volt Bátán", iDOKÉP 03 MAY 2017, RAO: https://www.idokep.hu/hirek/tornado-volt-batan report status: report confirmed (OC1) contact: Tibor Kőrös (ESWD management) @email

A klímaváltozást is figyelembe kell venni!



Hendrick Avercamp



Szahara, Vádi Szúra, az úszók barlangja

Robosztus prognózis Konzervatív tervezés

19

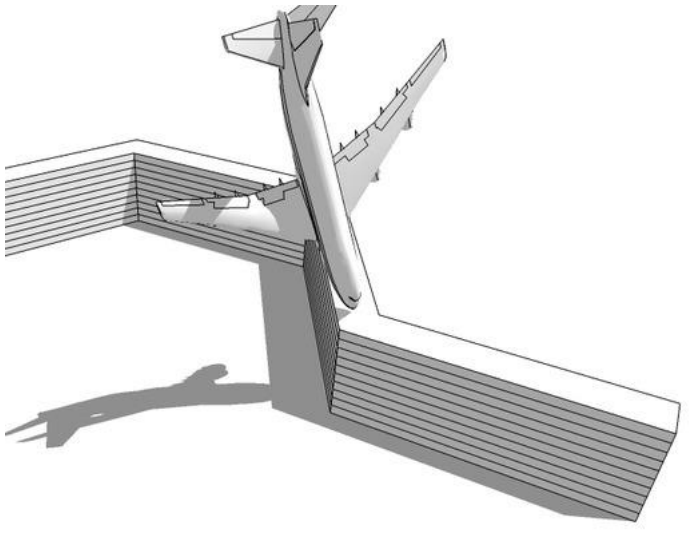


A tervezés és a biztonság szempontjából érdektelen, hogy mi az adott hatás forrása, az azonos hatások közül a legnagyobbat kell figyelembe venni

A konténmentet és a biztonsági épületet tekintve a jégesőnek, bár a „világrekord” jégdarab 17.8 cm átmérőjű, nyilvánvalóan kisebb hatása van, mint a tornádó által sodort tárgyaknak, vagy az elszabadult turbinalapátnak, s még kisebb, mint az atomerőműre rázuhanó nagy repülőgépek.

Ez persze nem azt jelenti, hogy nem vizsgálunk meg minden hatást, hiszen lehetnek specifikumok.

A burkoló elv

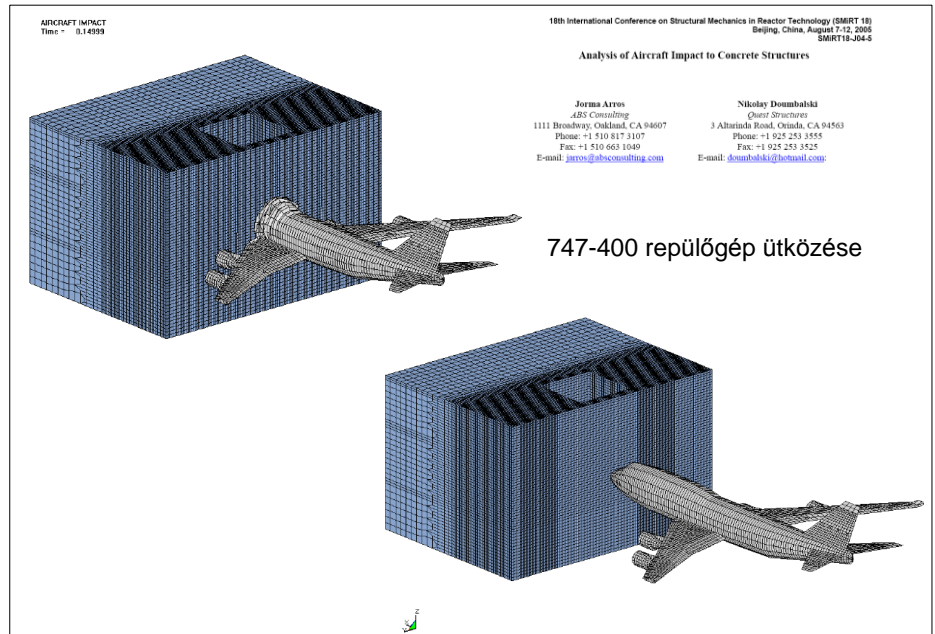


<http://www.apfn.org/apfn/flight77.htm>



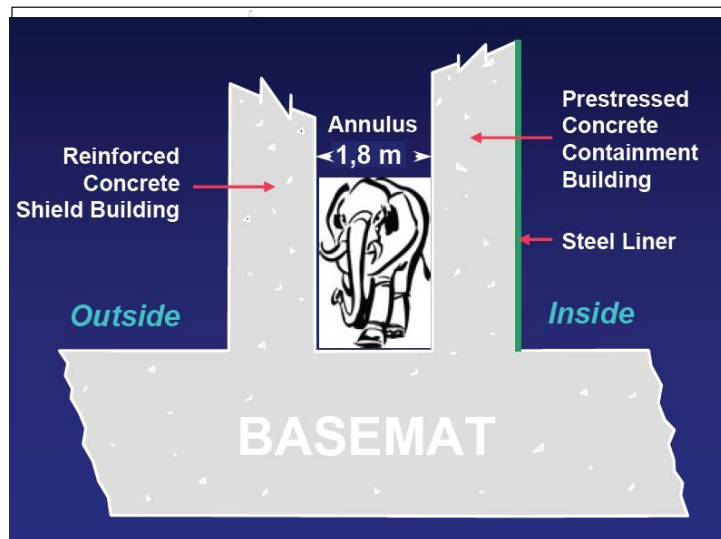
A káresetek
szimulációja
hitelesíti a
módszereket.

Hihetünk a
számításainknak.



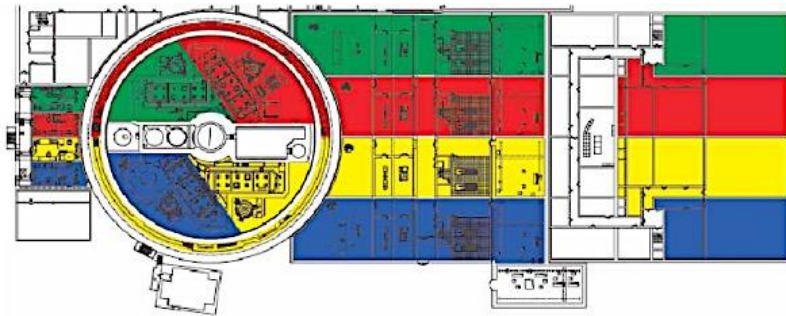
Segít a kettős
konténment

és a rendkívüli
szilárdság

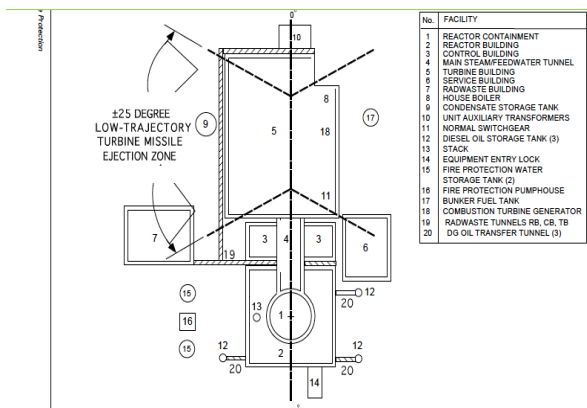
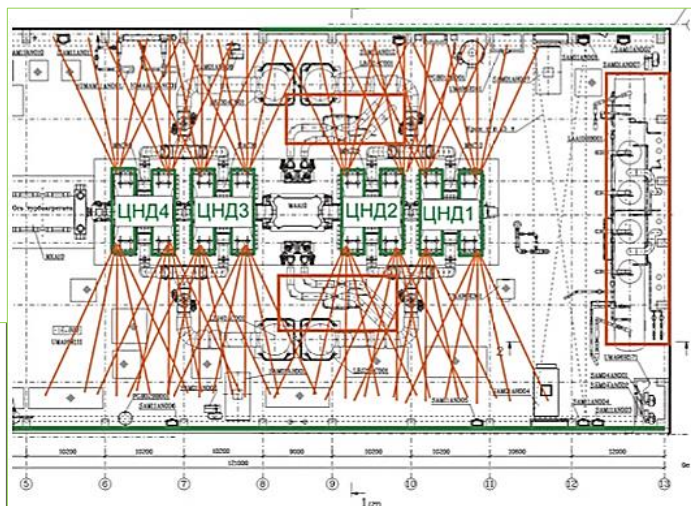


Biztonsági rendszerek térbeli szétválasztása

- Négy, fizikailag egymástól teljesen független, redundáns ág, melyek egyenként képesek 100%-osan ellátni a biztonsági funkciókat.
- A nagyfokú izolációt biztosítja, hogy az ágakhoz tartozó rendszerek különböző helyiségekben vannak elhelyezve.
- A térbeli szeparációról tűzzáró betonfalak gondoskodnak. A különböző ágak között nincs direkt összeköttetés.



Turbinarepeszek ellen is határos védelmet nyújt a turbina-tengely megfelelő orientációja a konténmenthez viszonyítva



Ellenőrizhetők az ismeretek.

Van lehetőség a kísérletekre, az evidenciák megszerzésére.

Seismic Proving Test



Seismic Proving Test of a Reinforced Concrete Containment Vessel (RCCV).

RCCV Model

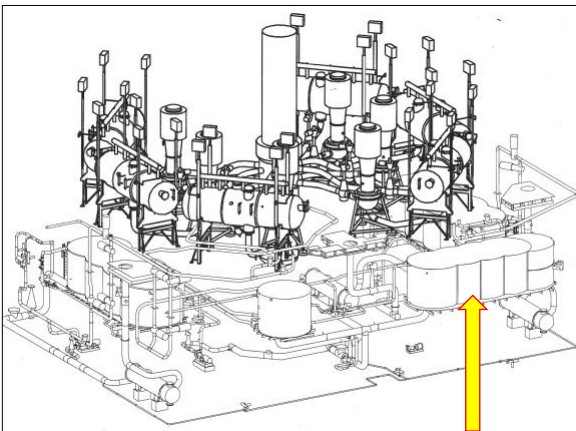
Scale : 1/ 8

Height : 4.21 m

Diameter : 3.625 m

Total weight : 600 tons

29



A Paksi Atomerőmű ZÜHR tartályai nagyléptékű rázópados tesztje Japánban.

A Paksi Atomerőmű főépülete dinamikus válaszána tesztje féltonnás robbantásokkal gerjesztett talajmozgásokra.

IAEA-TECDOC-1176

Benchmark study for the seismic analysis and testing of WWER type NPPs

Final report of a co-ordinated research project



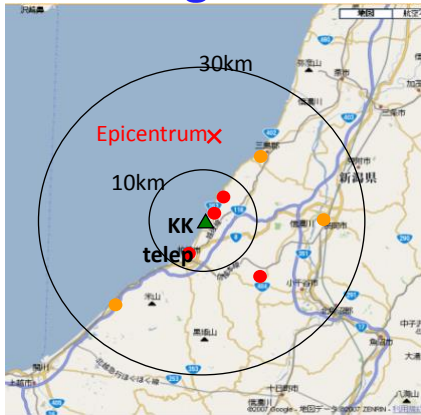
INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY

IAEA

October 2000

30

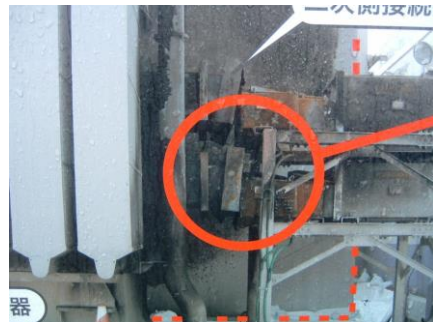
A földrengésállóság legjobb igazolása a túlélő földrengés – Kashiwazaki-Kariwa, 2007.



- 2007. július 16, 10:13 (nemzeti ünnep)
- Magnitúdó: 6.8
- fészekmélység: 17 km
- Távolság az erőműtől:
- epicentrum → 16 km,
- hipocentrum → 23 km



A földrengésállóság legjobb igazolása a túlélő földrengés – Kashiwazaki-Kariwa, 2007.



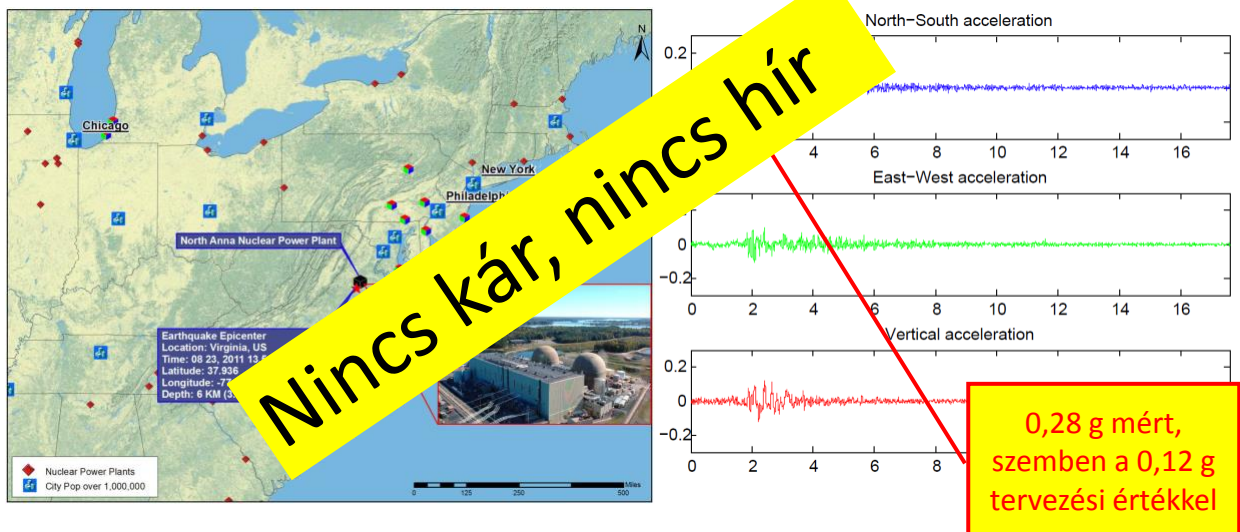
- Nukleáris biztonságot veszélyeztető kár nem volt.
- Hírértéke a háziüzemi transzformátor tűzének volt.
- Csaknem két év termelés kiesés a világ legnagyobb atomerőművében.

A földrengésállóság legjobb igazolása a túlélő földrengés – Fukushima Dai-ichi, 2011.

Observation Point (the lowest basement of reactor buildings)		Observed Data (interim) ²			Maximum Response Acceleration Against Basic Earthquake Ground Motion (gal)			Scram Setpoint (gal)	
		Maximum Response Acceleration (gal)			Horizontal (N-S)	Horizontal (E-W)	Vertical	Horizontal (E-W)	Vertical
		Horizontal (N-S)	Horizontal (E-W)	Vertical					
Fukushima Daiichi	Unit 1	460	447	258	487	489	412	135	100
	Unit 2	348	550	302	441	438	420		
	Unit 3	322	507	231	449	441	429		
	Unit 4	281	319	200	447	445	422		
	Unit 5	311	548	256	452	452	427		
	Unit 6	298	444	244	445	448	415		

33

A földrengésállóság legjobb igazolása a túlélő földrengés – North Anna, 2011. augusztus



“the plant experienced very high levels of ground motion—the strongest shaking that any nuclear plant has ever experienced from an earthquake,” but it “shut down safely” and was “remarkably undamaged.” IAEA Report

Onagawa Atomerőmű, 2011.



Nincs kár, nincs hír

Történelmi adatok alapján a szökőár magasság 3 méterre adódott.

A telephely magasságát a tengerszint felett 14,7 méterrel alakították ki, s a szökőárral szembeni biztonságot rendszeresen felülvizsgálták, így a 2010-es chilei szökőár után is.

Ezzel szemben a Fukushima Dai-ichi telephely szintjét, amely eredetileg a tenger szintjénél 35 méterrel magasabban volt, 25 méterrel csökkentették logisztikai megfontolások és költségcsökkentés céljából.

A chilei földrengés után ugyan felülvizsgálták a szökőárral szembeni biztonságot, de intézkedés helyett halogató taktikát alkalmazott a TEPCO.

<http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/SupplementaryMaterials/P1710/TV2/AnnexIII.pdf>



Nincs kár, nincs hír

III-2. EXTERNAL FLOODING OF THE MADRAS NUCLEAR POWER PLANT IN 2004 RESULTING FROM A TSUNAMI [III-3 TO III-6]

On 26 December 2004, an earthquake of magnitude 9.1 occurred off the western coast of Sumatra in the Indian Ocean and generated a transoceanic tsunami which devastated the coastline, ... approximately 300 000 deaths, ...

On 26 December 2004, Unit 2 of the Madras Atomic Power Plant, located near Chennai, in Tamil Nadu, India, was under long shutdown. When the tsunami struck, the condenser cooling pumps of Unit 2 at the plant were affected due to flooding of the pump house and subsequent submerging of the seawater pumps. Following this, the reactor tripped automatically and the reactor was brought to cold shutdown using the emergency operating procedure. The pump house operating floor is located about 2.5 m above mean sea level, about 2 m below the level of the main plant buildings, and is connected by a submarine tunnel about half a kilometre long to the intake well. The increase in water level in the pump house during the tsunami rendered all the seawater pumps located in this area inoperable except for one process seawater pump. This pump was used to cool the NPP's loads in the initial period following reactor shutdown.

Stressz-teszt az új típusokra is



Munch, Szikolya Győző, Széchenyi Egyetem (2010)

Mi történik az új, üzemeltetési tapasztalattal nem rendelkező, épülő vagy csak rövid ideje üzemelő új atomerőmű típusokkal?

NNB
GenCo

NOT PROTECTIVELY MARKED



NNB GENERATION COMPANY LTD
COMPANY DOCUMENT
UK EPR: RESPONSE TO EU "STRESS TESTS"
CHAPTER 0: EXECUTIVE SUMMARY

Version	3.0
Date of issue	16/11/2011
Document No.	NNB-OSL-REP-001159

© 2011 Published in the United Kingdom by NNB Generation Company Limited (NNB GenCo), 90 Whitefield Street - London, W1T 4EZ. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, including photocopying and recording, without the written permission of the copyright holder NNB GenCo, application for which should be addressed to the publisher. Such written permission must also be obtained before any part of this publication is stored in a retrieval system of any nature. Requests for copies of this document should be referred to Head of Management Arrangements, NNB Generation Company Limited (NNB GenCo), 90 Whitefield Street - London, W1T 4EZ. The electronic copy in the current issue and printing renders this document uncontrolled. Controlled copy holders will continue to receive updates as usual.

UNCONTROLLED WHEN PRINTED
NOT PROTECTIVELY MARKED

A műszaki tartalék

		Nuclear island			Pumping station		Tanks	Electrical components	Cable trays	Ventilation ducts
		Structures	Large mechanical components	Pipes	Structure	Plant				
DBE PGA (g)		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Margin factors	Margin in DBE spectrum	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
	Response structure (effects of the embedment and inertial interaction)	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43
	Criteria and methods for sizing SSC (Ductility)	>3	>3	>3	>3	>1.5	1.5	1.5	2	2
	Overall margin factor	>7	>7	>7	>7	>3.5	>3.5	>3.5	>4	>4
Overall Capability		>1.0g	>1.0g	>1.0g	>1.0g	>0.8g	>0.8g	>0.8g	>1.0g	>1.0g

Table 1: Seismic Margins for EPR Structures and Plant

38

Mit igazol az üzemeltetési tapasztalat tárgyilagossá értékelése?



Through the Decades: History of US Nuclear Energy Facilities Responding to Extreme Natural Challenges

Jan. 19, 2016

An audit of U.S. Nuclear Regulatory Commission event reports from more than two decades found that the response to natural challenges, U.S. nuclear plants' safety systems and emergency equipment have, without exception, effectively protected public health and safety.

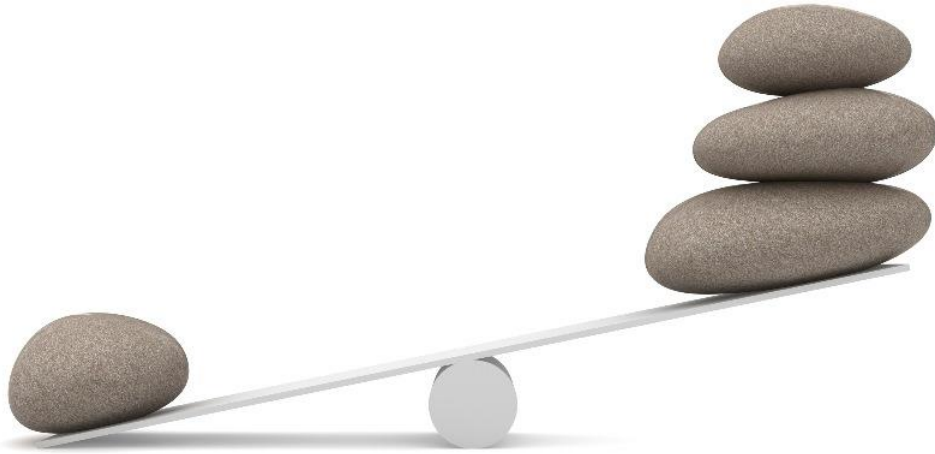
The Nuclear Energy Institute is the nuclear energy industry's policy organization.

This fact sheet and additional information about nuclear energy are available at nei.org.

<https://www.nei.org/Prints?printpath=/Master-Document-Folder/Ba...f-US-Nuclear-Energy-F&classname=custom.document&pNm=FactSheets>

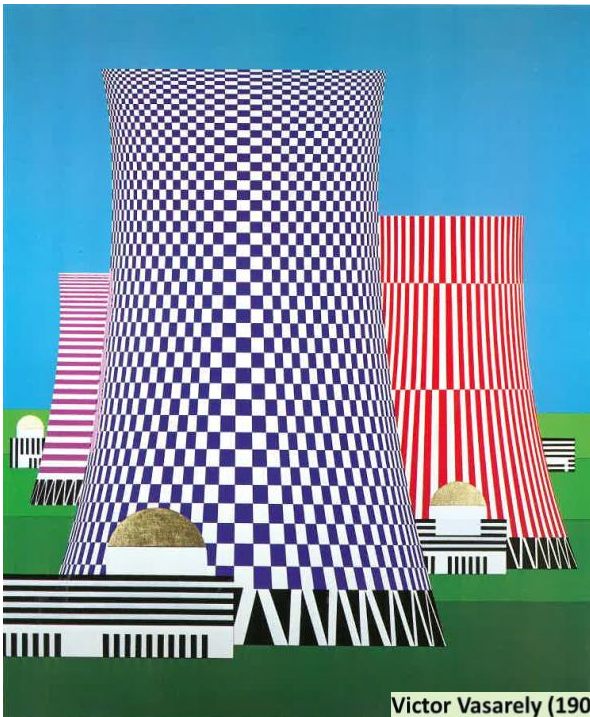
Az atomerőművek a gondosan meghatározott külső veszélyekkel szemben megvédhetők, mert

- Vannak bizonyítottan helyes, műszaki-tudományos módszereink ahhoz, hogy a rendkívüli hatásokra is biztonságos atomerőművet tudjunk tervezni.
- Van közvetlen tapasztalat ennek igazolására. Ellenőrizhetők az ismeretek. Van lehetőség tudományos kísérletekre, az evidenciák megszerzésére.
- **A valós és tartós üzemi tapasztalat meggyőző érveket szolgáltat a tervezési módszerek és megoldások adekvát voltának és a biztonságának igazolására.**



<http://studmonk.com/blog/2016/09/20/balance-between-board-and-neet-2017-preparation/>





Victor Vasarely (1906-1997)

Köszönöm megtisztelő
figyelmüket!



<http://nuklearis.hu/igy-fesd-ki-az-atomeromuvedet>