

Fukušima pět let poté

Jaká je situace ve Fukušimě nyní?

Vladimír Wagner

Ústav jaderné fyziky AVČR, 250 68 Řež

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT Praha

E_mail: wagner@ujf.cas.cz, WWW: <http://ojs.ujf.cas.cz/~wagner/>

1. Úvod
2. Proč k havárii došlo?
3. Jaké byly následky?
4. Jak se likvidují dopady?
5. Současný stav a jak v budoucnu
7. Situace s radiací
8. Závěr



Seminář Energetická komise AV ČR 11. 3. 2016

Japonsko a jaderná energetika

- 1) Nedostatek fosilních zdrojů
- 2) Omezené možnosti využití obnovitelných zdrojů
- 3) Ostrovní stát, nemožnost importu elektřiny

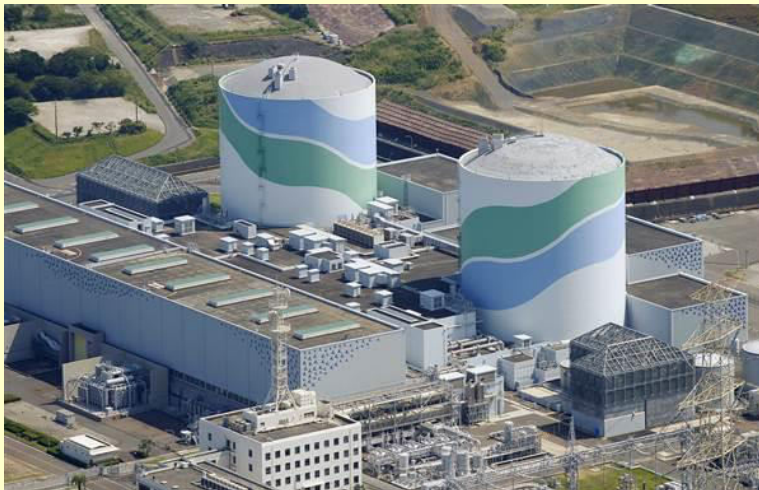
54 reaktorů
30 % elektřiny



Ōi



Fukušima II



Sendai



Mondžu

Co haváriei způsobilo?

Tohoku zemětřesení a cunami 11. března 14:46 JST



Extrémní zemětřesení a cunami

hlavně velikost cunami bylo pro Japonsko opravdu nečekané.

Z toho hlediska byla havárie způsobena extrémní přírodní katastrofou !!!

!! Největší známé zemětřesení v Japonsku !!

Velikost 9 magnituda

vytvořilo extrémně vysokou vlnu cunami až 40 m

Přírodní katastrofa z největšími ekonomickými dopady (podle počtu obětí byly už větší):

15 894 mrtvých a 2 561 pohřešovaných (2016)

**Zničeno obrovské množství podniků i elektráren
budov 129 255 totálně, 254 204 zcela a 691 776 částečně**



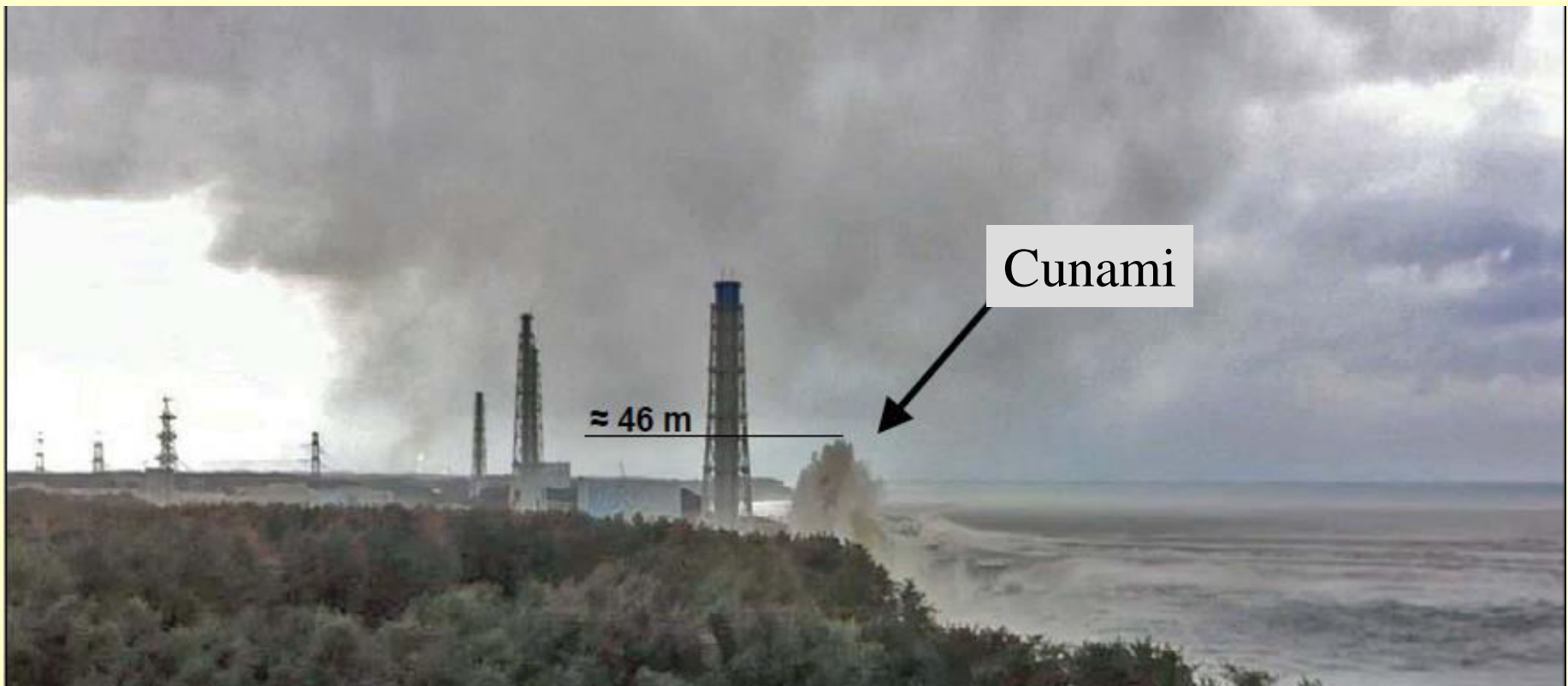
Následky zemětřesení i cunami

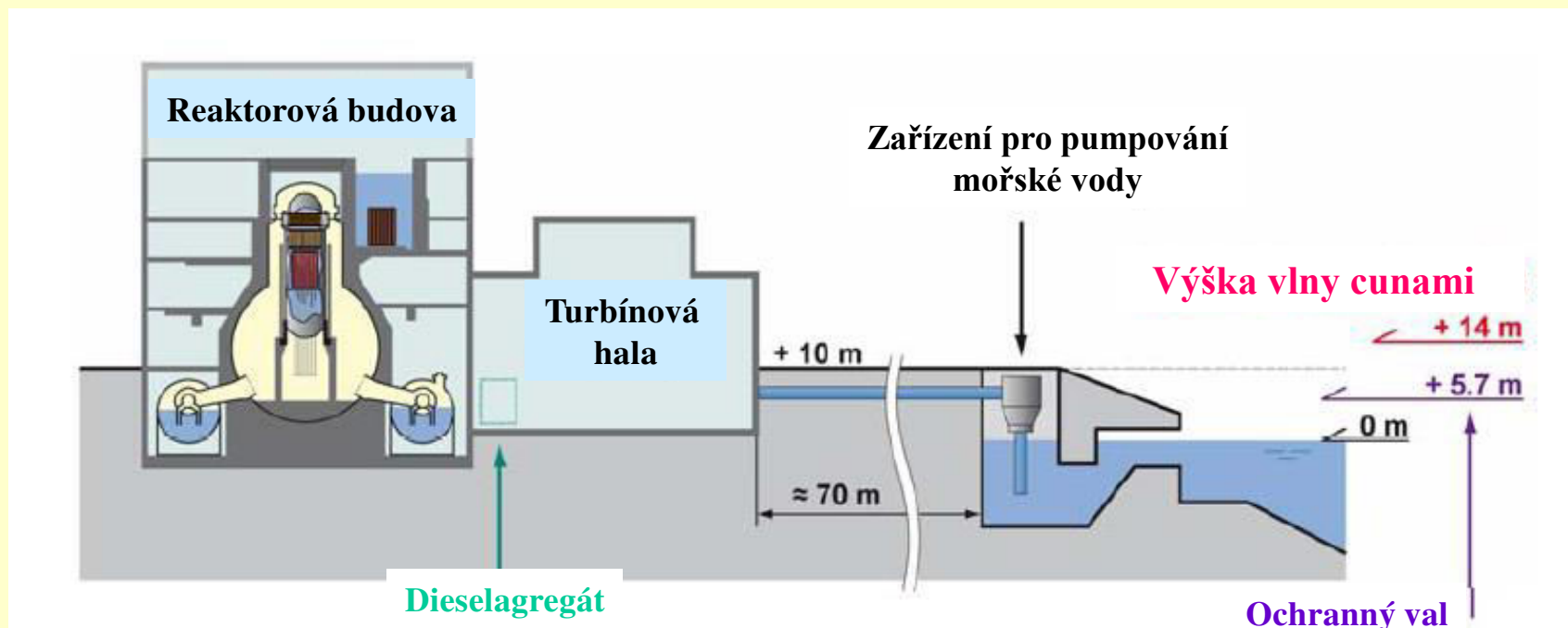
Příklad protržení přehrady Fudžinuma
1800 domů zaplaveno, několik obětí (vpravo)



Cunami u a v elektrárně Fukušima I

11.3. 15:41





Základní kritická místa

- 1) Podcenění velikosti možného extrémního cunami (dáno i selháním systému dozoru)
- 2) Umístění dieselagregátů v suterénu a bez vodotěsné izolace
- 3) Nepočítalo se s nadprojektovými haváriemi a úplnou ztrátou dodávek proudu
- 4) Nebyly zde v dostatečně bezpečné záloze zdroje elektřiny, zdroje vody a čerpací i stříkací zařízení

Z tohoto hlediska šlo o havárii způsobenou lidským faktorem !!!

Následky havárie

Hlavní dopady havárie

- 1) Zničení aktivní zóny a její roztavení u tří reaktorů (1., 2. a 3. blok)
- 2) Výbuch vodíku zničil horní části tří budov (1., 2. a 4. blok)
- 3) Jejich trosky popadaly i do bazénů s vyhořelým palivem
- 4) Nahromadění velkého množství kontaminované vody (z cunami, havarijního chlazení a spodní voda)
- 5) Evakuace, únik radioaktivity, kontaminace a dlouhodobá nemožnost návratu



Dozimetrické dávka a zdravotní dopady

**Pracovníci elektrárny: Dva mezi 600 -700 mSv
dalších šest přes 250 mSv
celkově 167 přes 100 mSv**

žádné zdravotní problémy pro 21 022 pracovníků, kteří v areálu pracovali a pracují

V elektrárně byly i smrtelné úrazy, ale nesouvisely s radiací

Pečlivá dozimetrická sledování kontaminovaných oblastí – reálná měření dávají nižší dávky než odhady. Dávky jsou srovnatelné s přirozeným pozadím – nevedou k riziku



**Nedošlo k žádným pozorovatelným zdravotním dopadům ani u pracovníků elektrárny
a ani u evakuovaných či obyvatel v dalších zasažených oblastí**

Psychické a sociální dopady jsou však značné – vedly i k nepřímým obětem, zhoršení podmínek při evakuaci nemocnic a domovů pro přestárlé nebo sebevraždy

Někteří zůstali – problém se zvířaty



Jak se likvidují následky?

Současný stav

a

co dále

Vyvezení palivových souborů z bazénů

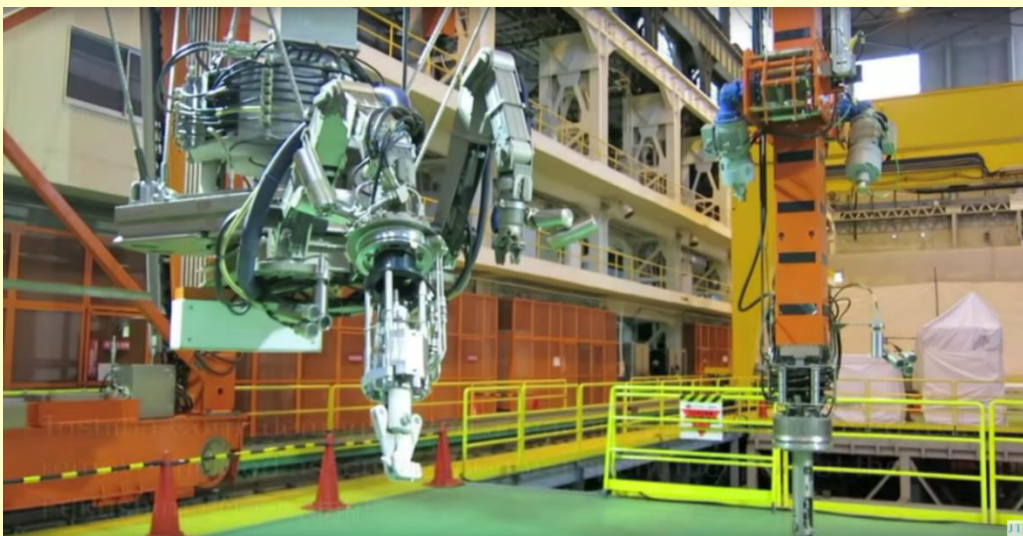
Čtvrtý blok – již vyvezen

Třetí blok – odklizení trosek, i těžkých z bazénů, začátek stavby krytu

Druhý blok – rozhodnutí o postupu vyvezení - neuzavřeno

První blok – odstranění provizorního krytu, začátek odstraňování trosek





Testování transportního zařízení pro 3. blok



Test stavby krytu 3. bloku



Demolice zničené horní části 1. bloku

Plán postupu:

- 1) 3. blok: 2017 dokončení krytu a instalace transportního zařízení, 2018 vyvezení bazénu
- 2) 1. blok – odstranění trosk, postavení krytu a instalace transportního zařízení, 2020 vyvezení palivových souborů
- 3) 2. blok – rozhodnutí o postupu vyvezení, 2020 – vyvezení vyhořelého paliva

Vyřešení problémů s radioaktivní vodou

Zdroje: 1) Cunami

2) Chlazení v prvních týdnech

3) Spodní voda

Řešení: 1) Dekontaminace, ^{137}Cs , ^{90}Sr
a vše kromě tritia

2) Odčerpávání spodní vody

3) Ledová stěna

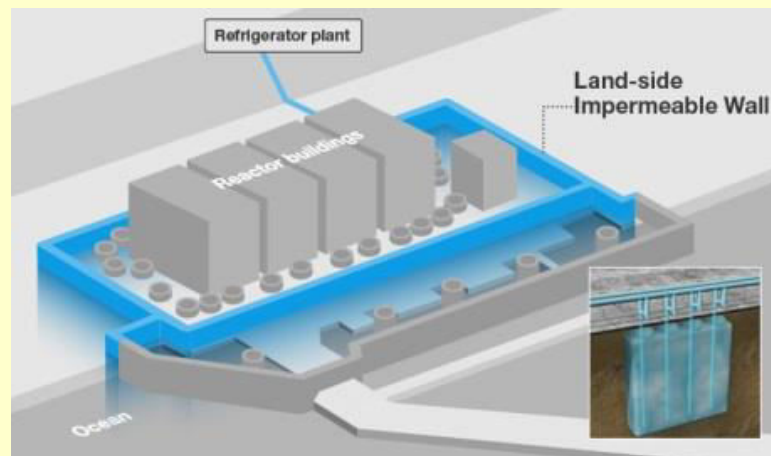
4) Stěna, vybetonování přístaviště,
vyčištění a zabetonování kanálů







- 1) **Začátek zprovozňování ledové stěny – březen 2016**
- 2) **Nejdříve část blízka moři – test ovlivnění výšky spodní vody**
- 3) **Odčerpávání vody ze suterénu reaktorových budov → zabránění přetoků do strojoven**
- 4) **Dokončení stěny – konec roku 2016**
- 5) **Odčerpání vody ze strojoven a jejich vysušení**
- 6) **Odčerpání vody z reaktorových budov**



Co s tritiem?

- 1) Tritium nelze chemicky oddělit od lehkého vodíku
- 2) Tritium je součástí životního prostředí – vzniká kvůli kosmickému záření

Dvě možnosti likvidace vody obsahující tritium:

- 1) Zředit a vypustit do moře (kontroverzní hlavně pro rybáře)
- 2) Odstranit speciálním zařízením (třeba firmy Kurion nebo Rosatomu) – velice drahé



Velký počet nádrží v areálu elektrárny



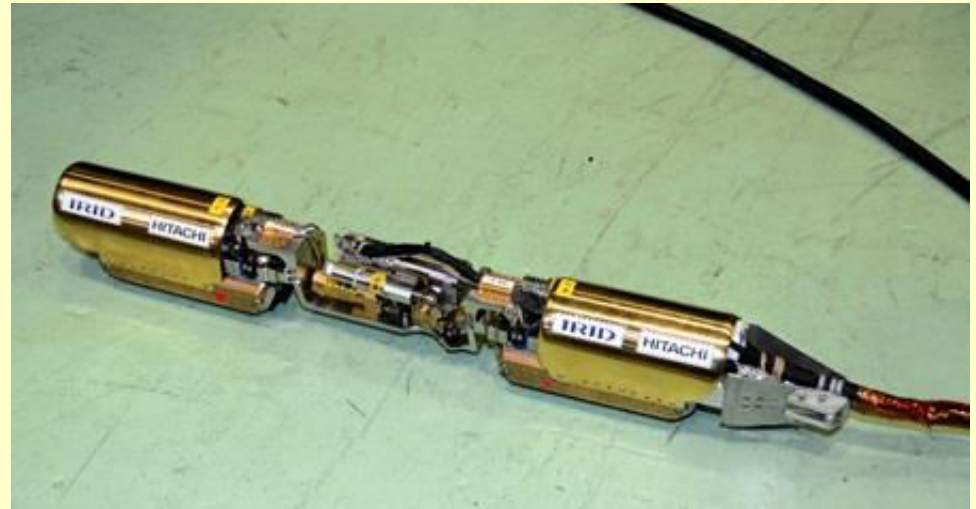
Testovací zařízení firmy Kurion

Poznání situace uvnitř kontejnmentů

- 1) Potřeba dekontaminace vnitřních prostor
- 2) Využití endoskopu
- 3) Využití tomografie pomocí mionů (1. a 2. blok – zóna je z velké části zničena)
- 4) Využití robotů pronikajících do kontejnmentu (u 1. bloku první dva průzkumy, u 2. bloku se připravuje)



Umístování detektorů mionů u prvního bloku

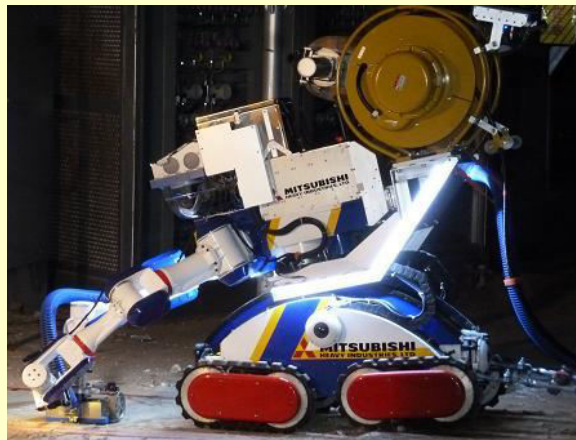


Robot, který má proniknout do kontejnmentu



Co dál v nitru kontejnmentu?

- 1) Zjistit, jak vypadá situace uvnitř kontejnmentů a jaký je stav zničených aktivních zón (mionové skenování, roboty v kontejnmentu u 2. a 3. bloku)
- 2) Vodotěsné roboty v suterénu – najít případné protavené palivo
- 3) Najít všechny netěsnosti u kontejnmentů a zlepšit jejich statiku
- 4) Najít metodu likvidace a odstranění zničené aktivní zóny:
 - 1) Jednodušší – vyplnit kontejnment vodou (stínění) a pomocí robotů odstranit zničenou aktivní zónu
 - 2) Složitější – pokud nepůjde vyplnění kontejnmentu vodou provést
- 5) Poznání situace uvnitř kontejnmentu – **následujících pár let**
- 6) Likvidace zničených aktivních zón – **několik desetiletí**
- 7) Poté likvidace celé elektrárny



Zlepšení podmínek v elektrárně

- 1) Dekontaminace v areálu umožnila ve velké části pohyb bez ochranných oděvů
- 2) Snížení objemu odpadu – spalovna
- 3) Dekontaminace vody a snížení aktivity z nádrží, aktivita na hranicích areálu pod roční dávkou 1 mSv
- 4) Odpočinková budova, kantýna, obchod – zlepšení podmínek pro pracovníky
- 5) Přesun ubytování a zázemí s Narahy blíže k elektrárně



Pracovníci v elektrárně pracují v prostředí s radiací, nutná pečlivá dozimetrická kontrola

Jak v zasažených oblastech?

Dekontaminace a návrat obyvatel

Odvolána omezení v oblastech za 20 km zakázanou zónou, které nehrozí roční dávkou překračující 20 mSv, to znamená:

znovuotevření škol, nemocnic a úřadů – začal návrat dobrovolně evakuovaných, problém s obnovou infrastruktury a zaměstnaností

Oblasti v zakázané a evakuované zóně jsou rozděleny na tři typy:

- 1) Aktivita menší než pro roční dávku 20 mSv – spuštění návratu, obnova infrastruktury, intenzivní dekontaminace
- 2) Dávka mezi 20 mSv až 100 mSv – intenzivní dekontaminace pro umožnění návratu
- 3) Dávka nad 100 mSv – dlouhodobé omezení návratu

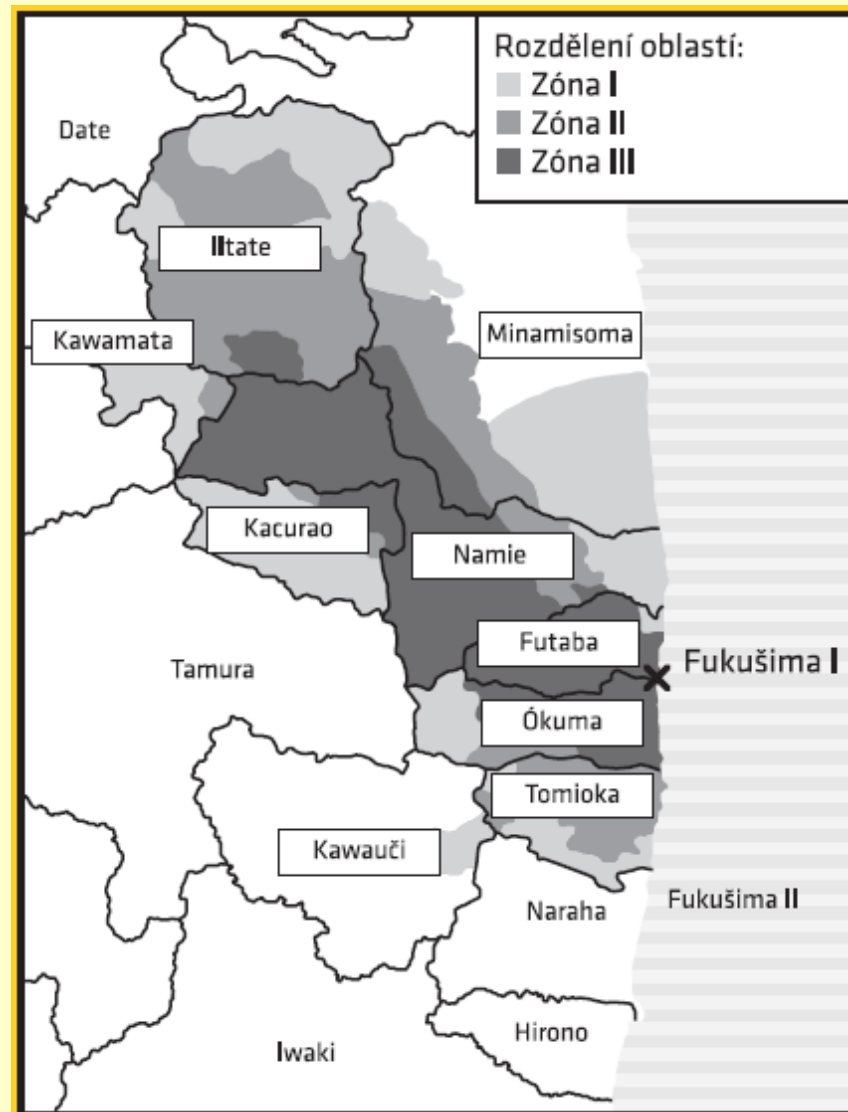
Začal návrat – podmínky, vyhovující dozimetrická situace a vypracovaný plán rekonstrukce



První zrušení veškerých omezení u části zakázané zóny

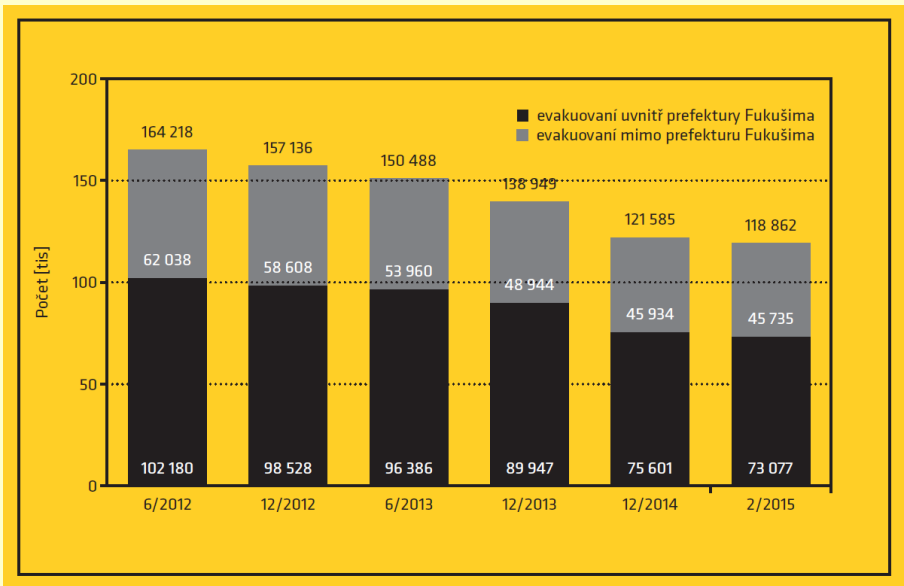
- 1) Konec roku 2011, studené odstavení, odvolání omezení v zóně 20 – 30 km.
- 2) V průběhu let 2012 až 2013 klasifikace jedenácti zasažených území.
- 3) Postupné otevírání méně kontaminovaných částí (I. a II.) pro návštěvy a práce přes den (nelze zůstat přes noc).
- 4) Konec roku 2013 omezené povolení trvalejšího pobytu v části města Tamura
- 5) Zrušení všech omezení u části města Tamura – 1. duben 2014
- 6) Následovala vesnice Kawauči (26. dubna) a poté město Naraha (6. září)
- 7) V průběhu dvou let by měla následovat další místa mimo nejvíce kontaminovaných
- 8) Podstatné – obnova infrastruktury a pracovních příležitostí – Džobánská železnice a dálnice

**Zakázaná zóna 88 000 obyvatel
„Dobrovolná“ evakuace 25 000**



Klíčové výzvy k řešení rekonstrukce oblasti

- 1) Obnova infrastruktury – už se povedlo zprovoznit silnici č. 6 i dálnici Džoban, železnici Džoban jen částečně část její trasy se jede autobusy. Potřeba obnovení výjezdů a dalších cest
- 2) Obnova nemocnic, zdravotních zařízení, obchodů a škol.
- 3) Obnova pracovních příležitostí – výzkumná střediska pro robotiku a dekontaminaci, výroba v oblasti elektroniky a obnovitelných zdrojů
- 4) Obnova pěstování rýže a ovoce, obnova rybářství
- 5) Nutnost pro intenzivní dekontaminaci – vybudování přechodného úložiště radioaktivního odpadu z dekontaminace. Březen 2015 zahájení provozu jeho části (Okuma a Futaba)
- 6) Nalezení metod dekontaminace silně kontaminovaných oblastí (III. zóna)



Pokles dávky přirozeným rozpadem,
dekontaminaci i transportem radioaktivních
látek – **nutnost sledovat vývoj (transport)**

Snížení aktivity mezi 5. 11. 2011 a 29. 9, 2015
v středním o 65 %.

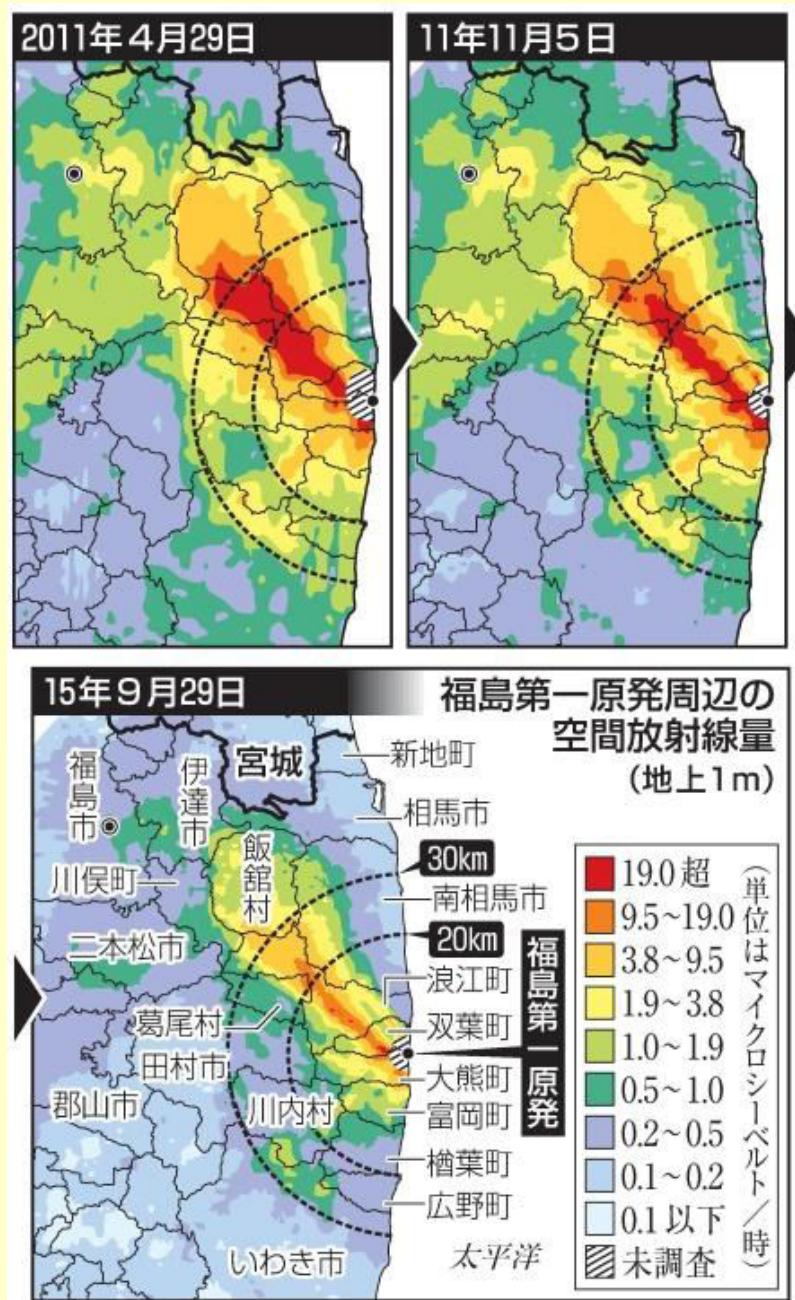
2017 – otevření všeho, kromě nejsilněji
kontaminované zóny

2022 – zbytek (zpoždění není vyloučeno)



Dekontaminace lesa (Iitate)

©Jeremy Sutton-Hibbert/Greenpeace



Zdravotní dopady?

Hlavní dopady jsou psychické

Větší následky než radiace má strach z ní a evakuace

Největší pomoc tak lze dát v této oblasti

Důležité jsou i drobné akce navracující věci k normálu

Poprvé po pěti letech se otevřelo
přírodní bruslení ve městě Kawamata



Epidemiologické studie dozimetrické

Studium vnitřní kontaminace pomocí
celotělových počítačů Rjugo Hajáno

říjen 2011 – únor 2012 z 10 186 měřených:

88 % bez měřitelné kontaminace

12 % slabé stopy pod hyg. Limity

březen 2012 – listopad 2012 z 21 997 osob:

99 % bez měřitelné kontaminace

1 % slabé stopy pod hyg. Limity

Větší stopa (vedoucí k 1 mSv senioři z hub)



Epidemiologické studie rakoviny štítné žlázy

Ultrazvukové metody – kontrola veškeré mládeže do 18 let:

Větší výskyt abnormalit – dáno použitím modernějších přístrojů. Potvrzeno srovnáním studií v zasažených a nezasazených oblastech:

Zasažená: Fukušima - výskyt těchto malých bulek 41,2 %,

Nezasazené: Aomori 57,6 %, Jamanaši 69,4 % a Nagasaki 42,5 %.

Výskyt rakovin vyšší, ale odpovídá s vysokou pravděpodobností intenzivnímu skríníngu

Podobné u rozsáhlého sledování štítné žlázy u 380 000 obyvatel, probíhá druhá série (doposud 116 případů)

Inkubační doba rakoviny 4 roky → první série je jako standard

Proč zjištěné případy rakoviny štítné žlázy nejsou z radioaktivity:

- 1) Obdržená dávka lidí ve Fukušimě je malá
- 2) Radioaktivní jód se nedostal do potravinového řetězce
- 3) Nejsou případy u dětí, které v době havárie měli méně než pět let
- 4) Výskyt abnormalit v nezasazených prefekturách je stejný
- 5) Není korelace mezi výskytem rakoviny a obdrženou dávkou
- 6) Geneticky je rakovina jiná než v Černobyli



Poučení z havárie

- 1) Nutnost počítat i z extrémními přírodními katastrofami.
- 2) Striktní oddělení úřadu pro jadernou bezpečnost (regulačního úřadu) od úřadu propojujícího odvětví.
- 3) Nutnost počítat s kompletním výpadkem proudu a mít připravena řešení (dostatek mobilních prostředků pro náhradní dodávky elektřiny i vstřikování vody).
- 4) Mít dostatek prostředků na likvidaci i více paralelně probíhajících událostí.
- 5) Připravené varianty evakuace, hlavně řešení problémů s imobilními lidmi.
- 6) Lépe vysvětlit veřejnosti rizika spojená s radiací (vysvětlení principu ALARA), aby dokázala racionálněji rizika srovnávat.



Závěr

- 1) Havárie Fukušimy I je druhou největší havárií v historii jaderné energetiky
- 2) V důsledku havárie a radiace nezhynul nikdo
- 3) V současné době se pomalu začíná s likvidací elektrárny
- 4) Vyvezl se čtvrtý bazén, příprava vyvezení třetího je v plném proudu a u prvního a druhého je stanovena cesta k němu
- 5) Dokončuje se řešení situace s radioaktivní vodou: Dekontaminace, stavba pobřežní stěny, stavba ledové stěny okolo reaktorů, odčerpávání spodní vody nad areálem.
- 6) Začíná se pronikat do nitra kontejnmentů – ovšem cesta k likvidaci zničených aktivních zón bude dlouhá
- 7) Začal se návrat do evakuovaných zón – kromě nejvíce kontaminovaných do konce roku 2017
- 8) Největší problém – obnova infrastruktury a pracovní místa
- 9) Pečlivé sledování potvrzuje, že zdravotní dopady radiace jsou zanedbatelné
- 10) Pomoc je potřeba soustředit na řešení psychických a sociálních dopadů