

Přínos české jaderné energetiky k ochraně životního prostředí a její perspektiva

Dana Drábová

Státní úřad pro jadernou bezpečnost

Praha

Svět se rychle mění - 21. století bude stoletím boje o přírodní zdroje

- **růst populace, urbanizace, požadavky na koncentraci a stabilitu dodávek energií,**
- **ceny energií, rozpor mezi zdroji a poptávkou**
- **ochrana životního prostředí**
- **rostoucí obavy o bezpečnost zdrojů i dodávek (safety × security)**
- **globalizace, nároky investorů**

Pro ilustraci:

- Roční světový HDP (543 biliónu USD) potřebuje 11 miliard tun ropného ekvivalentu
- Při současném hospodářském růstu roste spotřeba energie ročně téměř o roční spotřebu Afriky
- Při zachování současných trendů bude v roce 2030 stále 1.4 miliardy lidí bez elektřiny
- V Indii je bez přístupu k elektřině 600 miliónů lidí, na rozdíl od Číny, kde 98% lidí přístup k elektřině má

Pro ilustraci:

- Spotřeba primární energie je z 85% kryta fosilními zdroji
 - třetinu tvoří ropa, zůstane nejdůležitějším palivem
 - 2/3 nárůstu tvoří doprava
- Více než 80% emisí CO₂ produkovaných člověkem je způsobeno spalováním fosilních paliv

Pro ilustraci:

- země OECD, Indie a Čína tvoří 80% ekonomických výstupů a spotřebovávají 70% energie, mají ale pouze 10% světových zásob ropy a plynu
- nejbohatší miliarda lidí spotřebovává 50% energie, ta nejchudší 5%
- USA spotřebovávají více než 20% světové ropy, třikrát více než druhý největší konzument, Čína, ale Čína odpovídá za třetinu ročního nárůstu
- spotřeba uhlí v USA a Číně (Gtoe každá) vytváří spojení výzev energetické bezpečnosti a změn klimatu

Zamyšlení

Neexistuje vše řešící odpověď, není ideální zdroj energie. Každý zdroj od slunce po ropu, od uhlí po jádro, od větru po plyn, má své výhody a nevýhody. Každá země stojí před výzvou, jak vytvořit vyváženou energetickou politiku. Takovou, která se příliš nespolehá nebo naopak úplně neignoruje jakýkoli možný zdroj (geografický, geologický, fyzikální). Naše vnímání pořadí čtyř základních požadavků na energetickou politiku – bezpečnost dodávek, ohleduplnost k životnímu prostředí, hospodárnost, společenská přijatelnost – se může čas od času měnit. Co se pravděpodobně nezmění, je základní výzva: dosáhnout udržitelný kompromis mezi těmito požadavky.

Koncentrace energie v uranu:

- Štěpením uranu se produkuje zhruba třímilionkrát více tepelné energie na jednotku hmotnosti než spálením fosilních paliv . Rozštěpením 1 kg ^{235}U se uvolní zhruba 25 GWh tepla.
- Jaderná elektrárna s instalovaným výkonem 1000 MW a faktorem využitelnosti 91% (8,000 hodin za rok na plném výkonu) s účinností 30% vyrobí 27 TWh tepla ročně, potřebuje tedy přibližně jednu tunu ^{235}U .
- Uvážíme-li přítomnost dalších štěpných izotopů (^{239}Pu , ^{241}Pu a ^{233}U) v použitém jaderném palivu, sníží se roční množství spotřebovaného ^{235}U na zhruba 640 kg.
- To odpovídá zhruba 30 t obohaceného uranu obsahujícího 3% ^{235}U (palivové soubory se vyměňují po spotřebování zhruba 2/3 ^{235}U) a zhruba 165 t přírodního uranu (0.7% ^{235}U , 99.3% ^{238}U).
- Máme-li uranovou rudu obsahující 2 ‰ uranu, potřebujeme vytěžit 80 000 t rudy. Pro srovnání: uhelná elektrárna s instalovaným výkonem 1000 MW a stejným faktorem využitelnosti potřebuje zhruba 3 milióny t uhlí.

Jaderná energetika - několik čísel

	2005	2006
Bloky v komerčním provozu	441	435
Instalovaný výkon, GW(e)	370	368
Počet provozujících zemí	31	31
Vyrobena elektrina, TWh	2626 (16%)	NA
Provozní zkušenost, r-y	12500	
Ve výstavbě	24	28
Plánováno	NA	64
Uvažováno	NA	158

Postupná změna názoru

■ V poslední době

- veřejnost více rozlišuje mezi Černobylem a elektrárnami provozovanými v EU (projekt, dozor, kultura)
- jaderné elektrárny mají výborné statistiky bezpečnosti
- roste ekonomická výhodnost stávajících elektráren
- změny podnebí jsou zřetelnější
- ceny ropy lámou rekordy
- dynamická výstavba jaderných elektráren v Asii pokračuje
- bezpečnost dodávek elektřiny je velké téma

■ politici opět začínají brát jádro na milost

Jaderná energetika neposkytuje ideální a pohodlné řešení, ale může k řešení přispět a získat nám tím ČAS

Energetická náročnost různých zdrojů a energetická doba návratnosti

	Energetická náročnost (bez paliva) [kWh prim / kWhe]	Energetická návratnost [měsíc]
Černé uhlí	0,28 - 0,30	3,2 - 3,6
Hnědé uhlí	0,16 - 0,17	2,7 - 3,3
Zemní plyn	0,17	0,8
Jádro	0,07 - 0,08	2,9 - 3,4
Fotovoltaika	0,62 - 1,24	71 - 141
Vítr	0,05 - 0,15	4,6 - 13,7
Voda	0,03 - 0,05	8,2 - 13,7

Surovinová náročnost různých zdrojů

	Ocel [kg / GWhe]	Měď [kg / GWhe]	Hliník [kg / GWhe]
Černé uhlí	1750 - 2310	2	16 - 20
Hnědé uhlí	2100 - 2170	7 - 8	18 - 19
Zemní plyn	1207	3	28
Jádro	420 - 490	6 - 7	27 - 30
Fotovoltaika	3690 - 24250	210 - 510	240 - 4620
Vítr	3700 - 11140	47 - 140	32 - 95
Voda	1560 - 2680	5 - 14	4 - 11

Zábor půdy pro elektrárnu o instalovaném výkonu 1000 MW

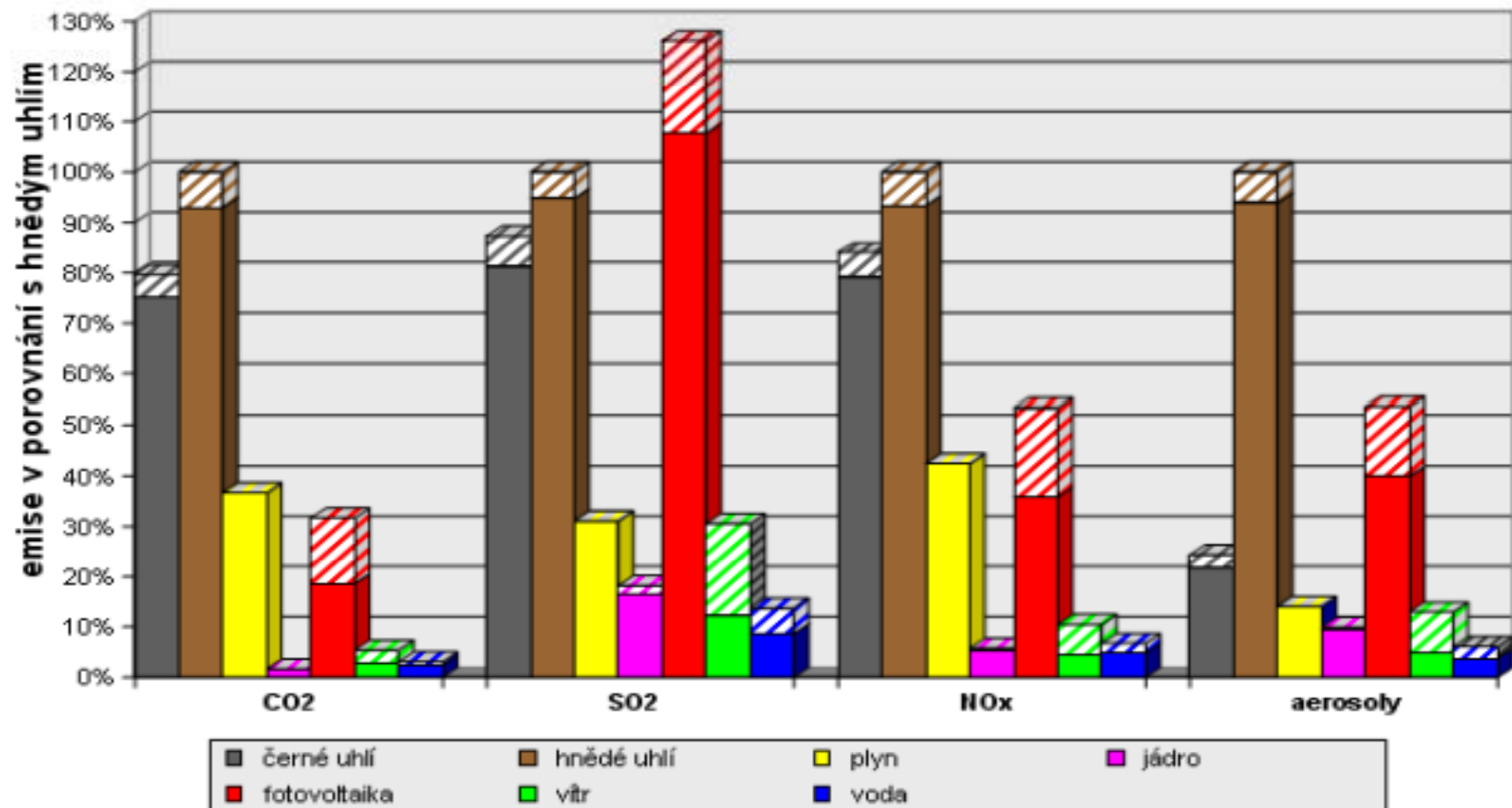
Elektrárna	Plocha [km ²]
Jaderná	0,25 – 4
Uhelná	0,85 – 1,5
Plynová	0,16 – 0,25
Fotovoltaická	20 – 50
Větrná	50 – 150
Biomasa	4000 - 6000

Poznámka:

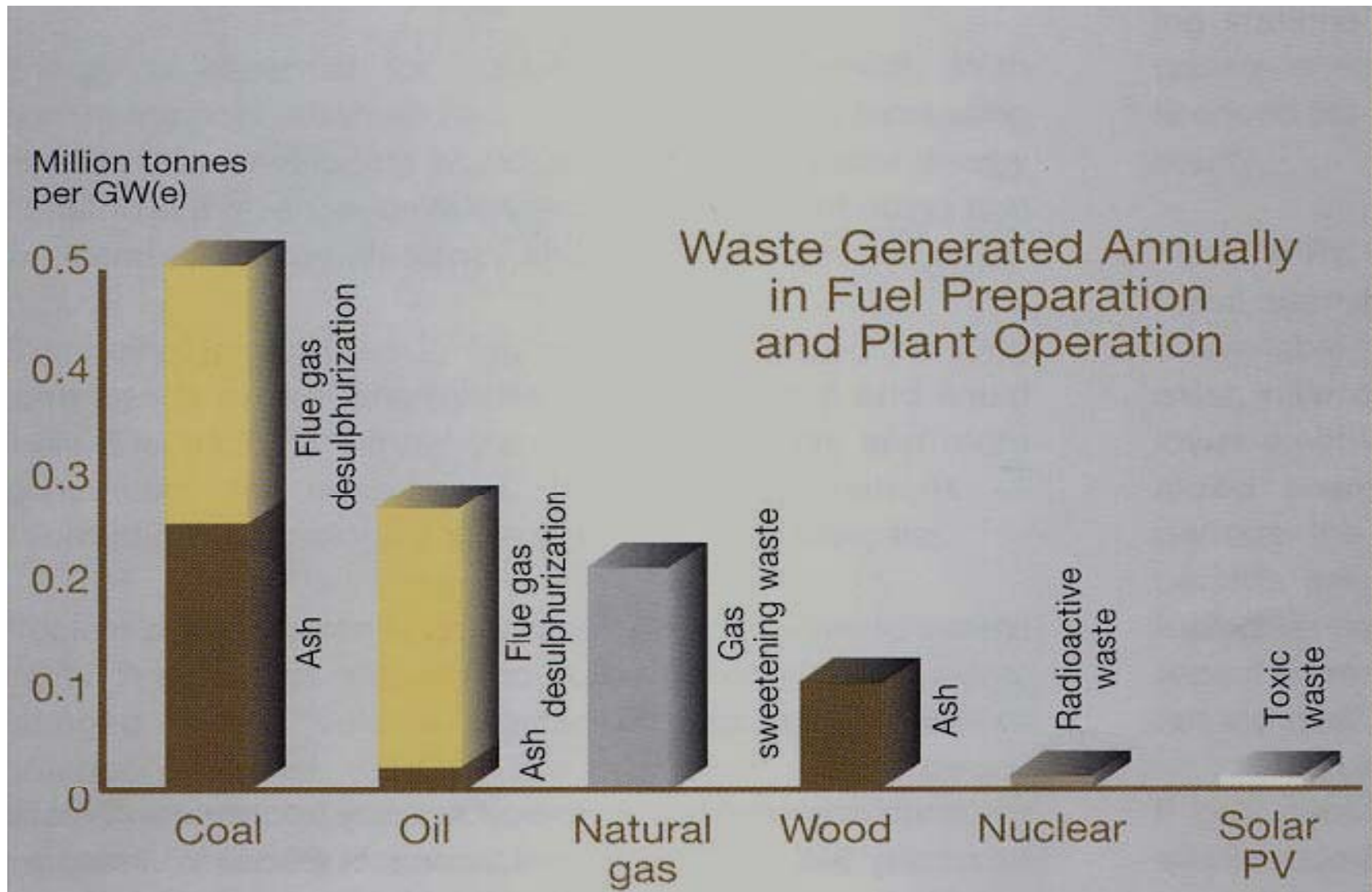
rozloha České republiky je 78 862 km²

- výkon pro pokrytí zatížení České republiky je tč. cca 12 000 MW

Emise vybraných nox z německých elektráren

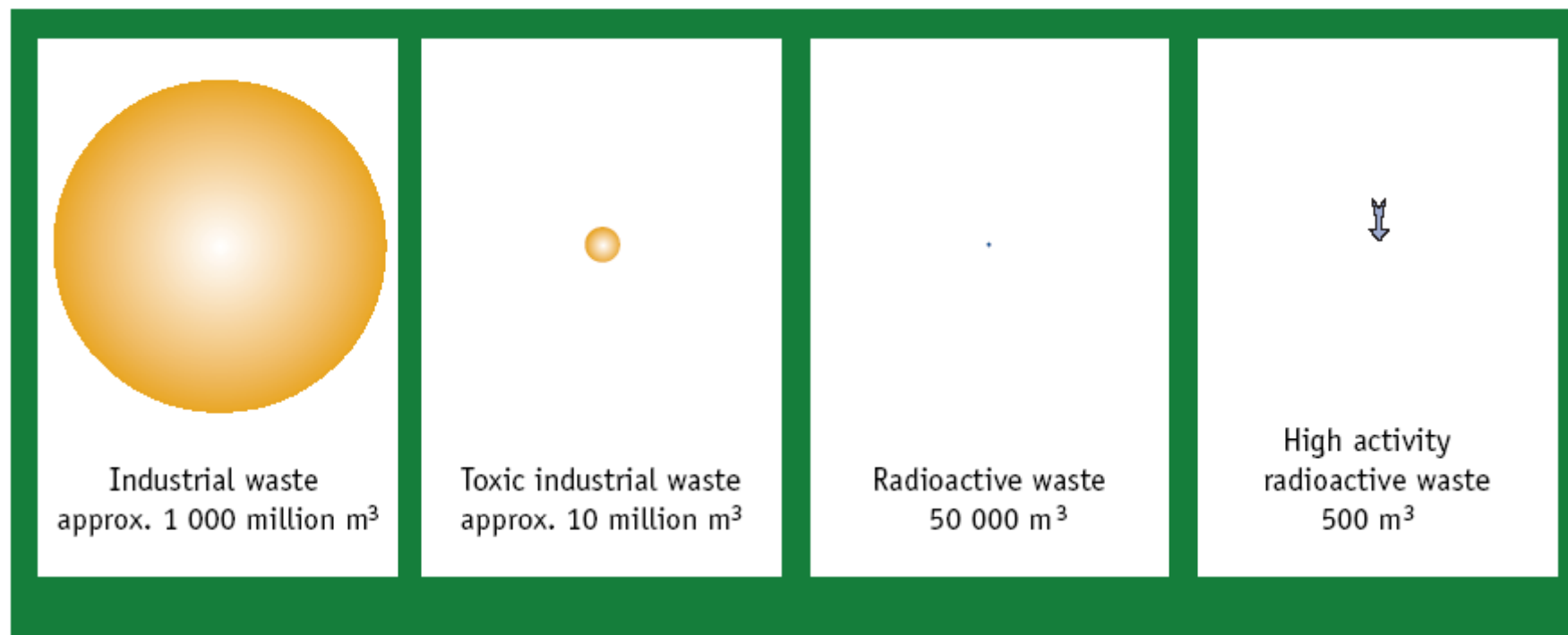


Odpady ročně produkované různými typy elektráren



Kolik RAO vyprodukuje jaderná energetika?

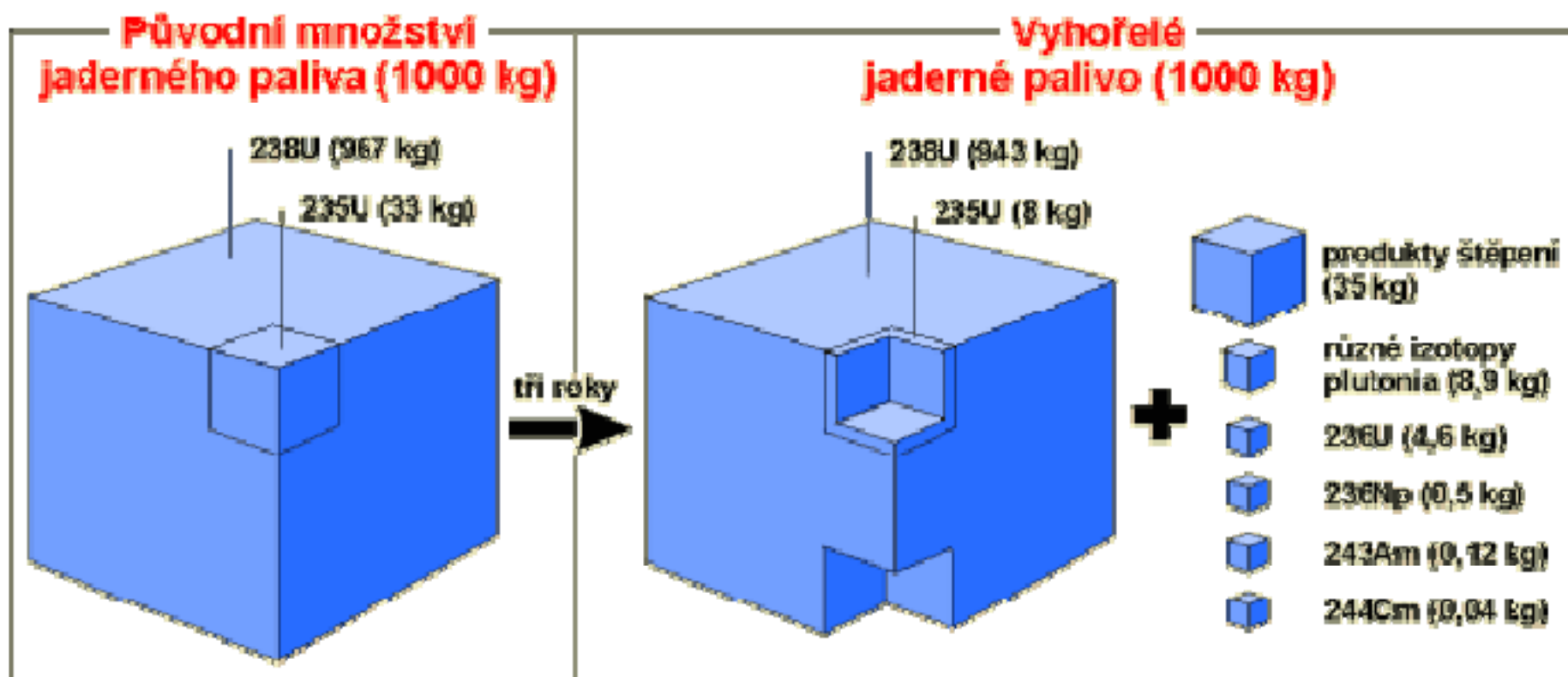
roční produkce odpadů v EU



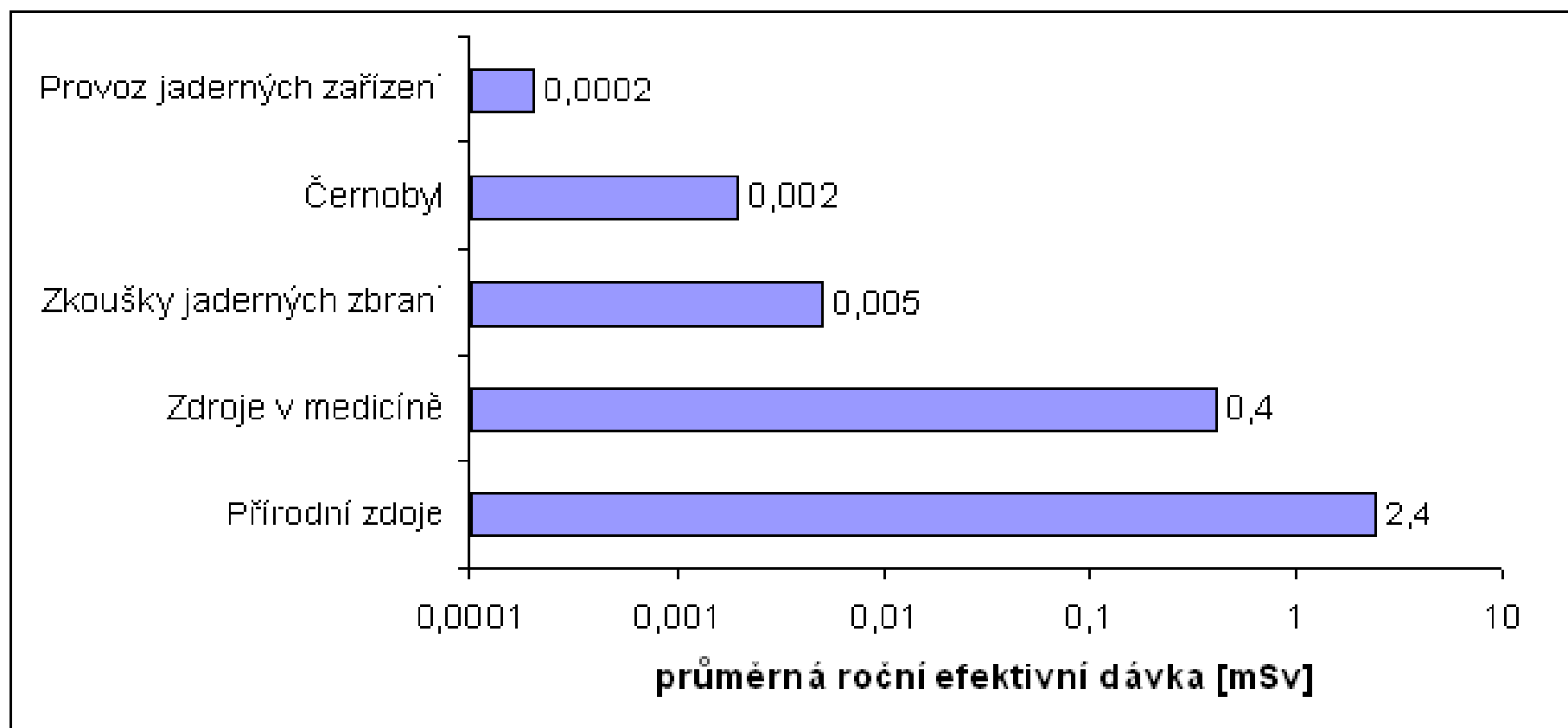
Kolik RAO vyprodukuje jaderná energetika?

- 1000 MW reaktor potřebuje ročně 32 tun paliva obsahujícího 26 tun uranu
- vyprodukuje 7TWh elektřiny (80% load faktor)
- bez přepracování zůstane 32 tun použitého paliva (25 tun těžkých kovů, zejména uran, neptunium, plutonium, americium) pro skladování a uložení a přibližně 300 m³ nízko a středně aktivního odpadu

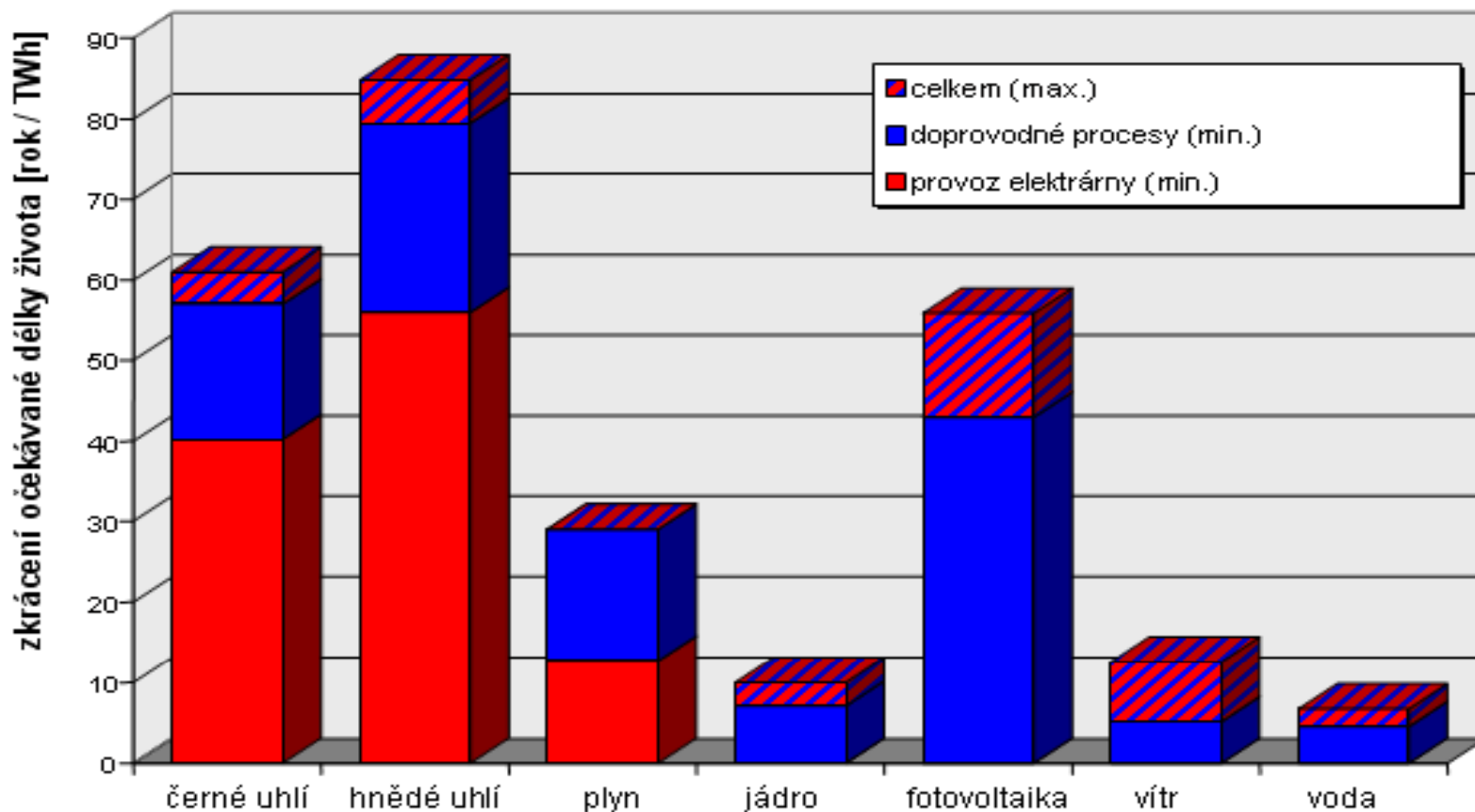
Co obsahuje vyhořelé palivo?



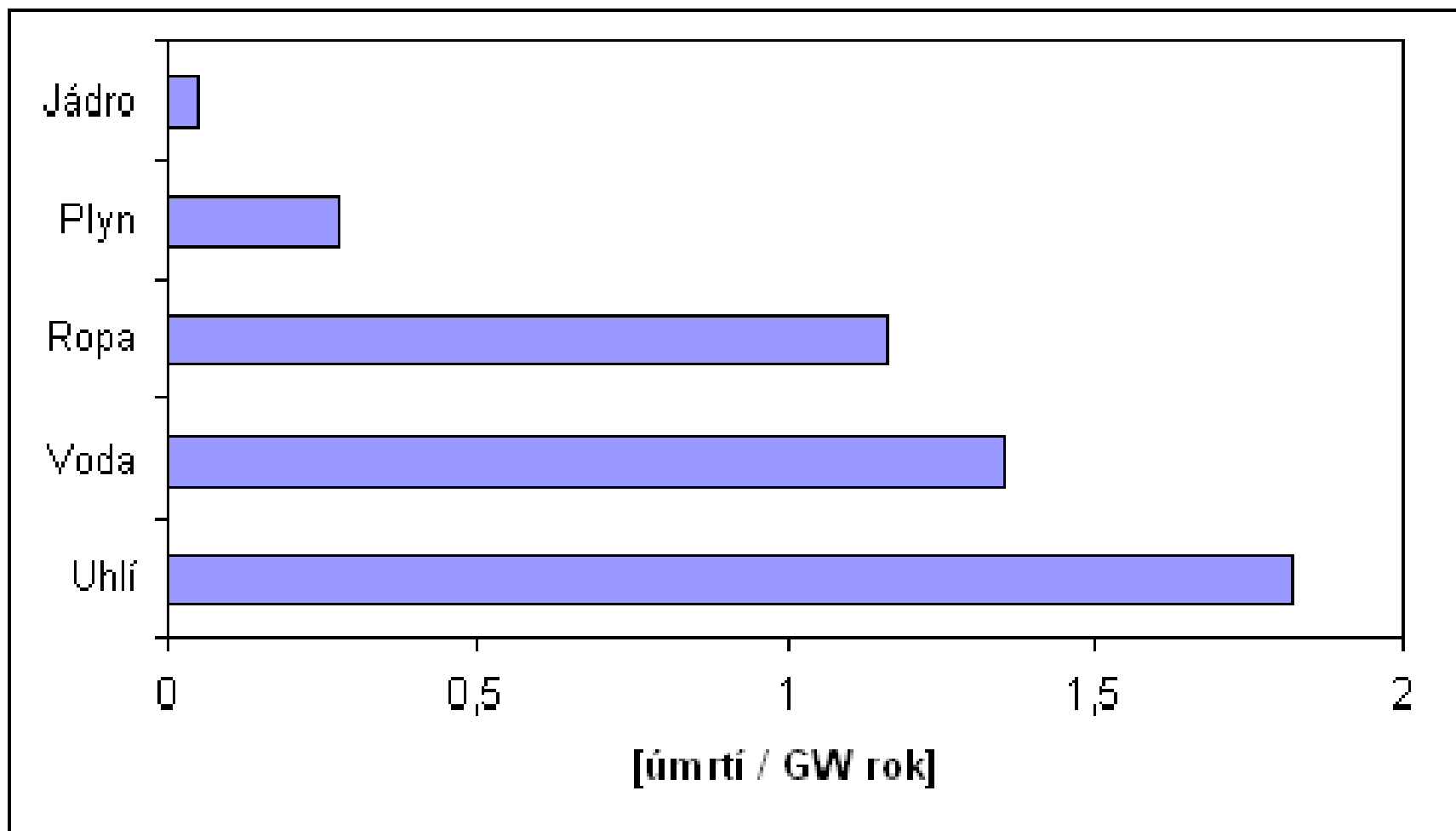
Průměrné roční ozáření z různých zdrojů



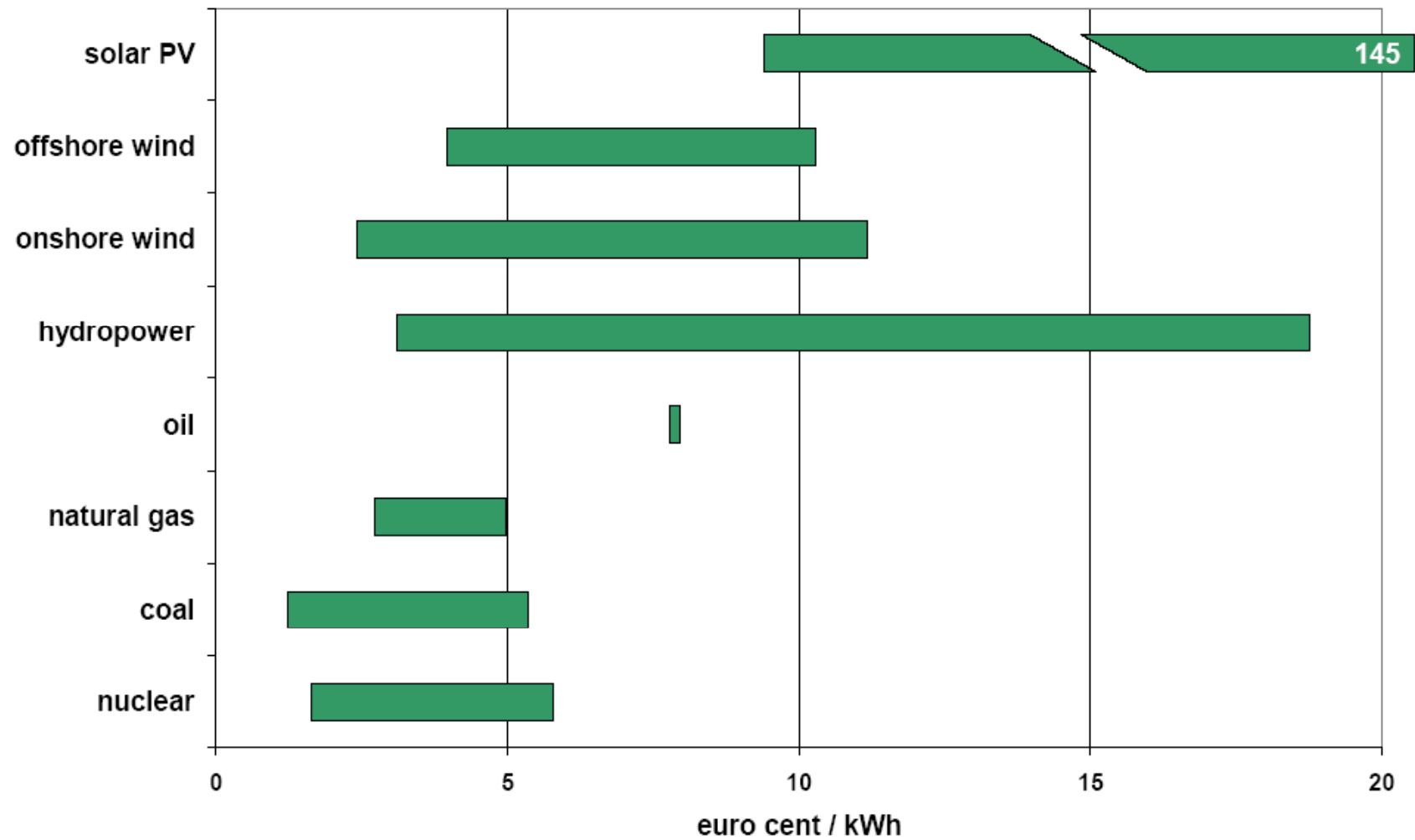
Vliv normálního provozu elektráren na zdraví obyvatel



Následky vážných havárií v energetickém sektoru v letech 1969 - 2000



Náklady na kWh



Generace IV - nová generace jaderných energetických systémů

- Vývoj se zaměřuje na dosažení následujících cílů:
 - Efektivnější využití paliva (zejména zajištění alespoň jednoho typu množivého reaktoru umožňujícího využití ^{238}U a ^{232}Th)
 - Snížení množství jaderného odpadu (mimo jiné vyřešení transmutací aktinidů ve vyhořelém palivu)
 - Další zlepšení bezpečnosti a spolehlivosti
 - Další snížení míry pravděpodobnosti poškození aktivní zóny
 - Odstranění potřeby evakuace okolí v případě havárie
 - Nižší cena výroby el. energie v porovnání s jinými zdroji (podstatné snížení zejména investičních nákladů)
 - Úroveň finančního rizika porovnatelná s jinými energetickými projekty
 - Zvýšení resistance proti zneužití jaderných materiálů
- Projekt Generace IV je zásadně nový především v tom, že komplexně přistupuje nejen k vývoji nových reaktorů, ale snaží se řešit palivový cyklus jaderných elektráren jako celek. Není třeba zdůrazňovat, že cíle jsou velmi ambiciózní, otázkou zůstává, jak se je podaří naplnit.

Klademe si správné otázky?

Otázka nezní:

„Líbí se nám jaderná energetika?“

Spíše bychom se měli ptát:

„Máme za jádro v následujících nejméně 30-ti letech rozumnou náhradu?“

„Jaká je cena dalšího využívání jádra, jaká je cena jeho odmítnutí?“

„Jaké si máme stanovit požadavky pro další využívání jádra v případě, že cena za odmítnutí je příliš vysoká?“

