

Univerzita Karlova v Praze

Fakulta sociálních věd

Institut ekonomických studií

Bakalárska práca

Budúci vývoj trhu s jadrovým palivom

Autor: Jaroslav Mihok

Konzultant: Ing. Pavel Řežábek

Akademický rok: 2007/08

Prehlásenie:

Prehlasujem, že som bakalársku prácu vypracoval samostatne a použil len uvedené pramene a literatúru.

.....

V Prahe dne 2.7.2008

Jaroslav Mihok

Podakovanie:

Na tomto miest by som rád podakoval svojmu konzultantovi Ing. Pavlovi Řežábkovi za cenné rady a pripomienky pri písaní tejto práce.

Abstrakt

Jadrová energia je dôležitou súčasťou výroby elektrickej energie. Táto práca si kladie za cieľ odhadnúť budúci vývoj na trhu s uránom a jadrovým palivom do roku 2030.

V úvode je stručne popísaný proces výroby jadrového paliva. Nasleduje odhad budúceho vývoja dopytu po uráne na základe inštalovanej kapacity komerčných jadrových reaktorov, prehľad svetových zásob uránu, odhad produkcie uránových baní do roku 2030, prehľad kapacít na obohacovanie uránu a výrobu jadrového paliva.

V závere každej časti zaoberajúcej sa produkciou uránu a jeho spracovaním je uvedené porovnanie odhadovaných produkčných kapacít s odhadovaným dopytom do roku 2030.

Abstract

Nuclear energy is an important segment of producing electric energy. The goal of this paper is to estimate the future development of the uranium and nuclear fuel market up to year 2030.

In the beginning, there is a brief description of the production of the nuclear fuel. Estimates on future development of uranium demand based on installed capacity of commercial reactors, overview of world uranium reserves, estimates of mines' production up to year 2030, overview of enrichment and fuel production facilities follow.

In the conclusion of every chapter considering production and processing of uranium there is a comparison of estimated capacities with estimated demand up to year 2030.

Obsah

Zoznam použitých skratiek	3
Zoznam obrázkov	4
Zoznam tabuliek	4
Zoznam grafov	4
1. Úvod	5
2. Stručný opis výroby jadrového paliva	5
2.1. Ťažba uránovej rudy	5
2.2. Spracovanie uránovej rudy	6
2.2.1. Mletie uránovej rudy	6
2.2.2. Konverzia	6
2.2.3. Obohatenie	7
2.3. Výroba jadrového paliva	7
3. Predpokladaný vývoj dopytu po jadrovom palive	8
3.1 Úvod	8
3.2 Faktory ovplyvňujúce dopyt po uráne	10
3.2.1 HDP	11
3.2.2. Energetická bezpečnosť	11
3.2.3 Ohľad na životné prostredie	11
3.2.4 Relatívne ceny jadrovej energie	12
3.2.5 Technologické faktory	13
3.2.6 Neistoty ovplyvňujúce budúci dopyt uránu	13
3.3 Scenáre	14
3.3.1 Scenár: Nízky rast	15
3.3.2 Scenár: Mierny rast	18
3.3.3 Scenár: Vysoký rast	20
4. Ťažba a zásoby uránu	23
4.1 Zásoby	23
4.1.1 Kategórie zásob uránu	23
4.1.2 Objavené zdroje	24
4.1.3 Neobjavené zdroje	26
4.1.4 Nekonvenčné zdroje	26
4.1.5 Sekundárne zdroje uránu	27
4.1.5.1 Vysoko obohatený urán (HEU)	28

4.1.5.2	Spracovanie vojenského HEU.....	28
4.1.5.3	Komerčné zásoby	29
4.1.5.4	Znovu obohacovanie ochudobneného uránu.....	30
4.1.5.5	Zmiešané oxidové palivo	30
4.1.5.6	Recyklácia vyhoreného paliva	31
4.1.5.7	Výhľad pre sekundárne zdroje	32
4.2	<i>Produkcia uránu.....</i>	32
4.2.1	Súčasný stav produkcie v jednotlivých častiach sveta	33
4.3	<i>Svetové výdavky na prieskum možných ložísk a vývoj v dlhom období.....</i>	34
4.3.1	Kanada.....	35
4.3.2	Austrália	36
4.3.3	Kazachstan	36
4.3.4	Rusko.....	37
4.3.5	USA.....	38
4.3.6	Afrika	39
4.3.7	Ázia	40
4.4	<i>Predpokladaný vývoj produkcie uránu</i>	41
4.5	<i>Vzťah ponuky a dopytu.....</i>	42
5.	Obohacovanie uránu.....	45
5.1	<i>Súčasný stav</i>	45
5.2	<i>Budúci vývoj.....</i>	46
5.3	<i>Vzťah ponuky a dopytu.....</i>	46
6.	Výroba jadrové palivo.....	47
7.	Záver	48
	Zoznam použitej literatúry a prameňov	49
	Prílohy.....	50

Zoznam použitých skratiek

HEU	vysoko obohatený urán
IdR	objavené zdroje
IR	usudzované zdroje
LEU	nízko obohatený urán
MOX	zmiešané oxidové palivo
PR	predpokladané zdroje
RAR	primerane zaručené zdroje
SR	špekulatívne zdroje
UR	neobjavené zdroje

Zoznam obrázkov

Obrázok 1: Grafická ilustrácia cyklu jadrového paliva str. 8

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1: Rozdelenie zásob podľa jednotlivých kategórií str. 24

Tabuľka 2: Rozdelenie zásob podľa spôsobu ťažby v kategórii RAR str. 25

Tabuľka 3: Rozdelenie zásob podľa spôsobu ťažby v kategórii IR str. 25

Zoznam grafov

Graf 1: Inštalovaná kapacita 1 str. 17

Graf 2: Dopyt po vyťaženom uráne 1 str. 17

Graf 3: Inštalovaná kapacita 2 str. 19

Graf 4: Dopyt po vyťaženom uráne 2 str. 20

Graf 5: Inštalovaná kapacita 3 str. 21

Graf 6: Dopyt po vyťaženom uráne 3 str. 22

Graf 7: Porovnanie dopytu v rôznych scenároch str. 22

Graf 8: Porovnanie dopytu a konzervatívnej ťažby prírodné uránu str. 43

Graf 9: Porovnanie dopytu a optimistickej ťažby prírodné uránu str.44

Graf 10: Porovnanie dopytu a nezmenených obohacovacích kapacít str. 46

Graf 11: Porovnanie dopytu s rastom obohacovacích kapacít str. 47

1. Úvod

Na celom svete existuje dlhodobý trend rastu spotreby energie a do budúcnosti sa predpokladá pokračovanie tohto trendu. Zároveň však existujú tlaky na znižovanie emisií skleníkových plynov, ktoré budú pôsobiť na obmedzenie výroby energie z fosílnych palív. Spolu s inými možnosťami sa ako riešenie ponúka nárast využívania jadrovej energie.

Po stručnom popise procesu výroby jadrového paliva v druhej kapitole sa pokúsime v tretej kapitole odhadnúť vývoj dopytu po jadrovom palive. V kapitolách štyri až šesť potom budeme skúmať, či existujú dostatočné zdroje a kapacity na pokrytie nami predpovedaného vývoja spotreby uránu.

2. Stručný opis výroby jadrového paliva

2.1. Ťažba uránovej rudy

Existujú tri základné spôsoby ťažby uránu. Najčastejšie sa používa dobývanie rudy v povrchových baniach a ťažba v klasických hlbinných baniach. Tretím spôsobom je vylúhovanie uránu pomocou špeciálnych chemických roztokov.

Otvorené bane sa používajú na miestach, kde ložiská sú blízko pod povrchom a bane sa používajú pri hlbinných ložiskách, typicky pre hĺbky, ktoré presiahnu 120 metrov. Povrchová ťažba vyžaduje veľké výkopy na povrchu, ktoré svojou rozlohou presahujú samotné ložisko, keďže steny musia mať primeraný sklon, aby nedochádzalo k zosuvom pôdy. Hlbinné bane majú pomerne menší povrchový dopad. Množstvo materiálu, ktoré je potrebné premiestniť je podstatne menšie ako pri povrchových baniach.

Vzrastajúce množstvo svetovej produkcie uránu sa získava metódou vylúhovania, pri ktorej je okysličená podzemná voda cirkulovaná cez pórovitú horninu, tak aby došlo k rozpusteniu uránu a ten mohol byť v podobe roztoku dopravený na povrch. Použitý roztok môže byť mierne kyslá, alebo alkalická zlúčenina. Urán je následne z roztoku separovaný.

Rozhodnutie o tom, ktorá metóda bude použitá závisí na type ložiska, množstve uránu, bezpečnosti a ekonomických kritériách. V prípade podzemných baní je do nákladov potrebné započítať špeciálne bezpečnostné opatrenia v podobe lepšej ventilácie, ktorá má zabrániť vystaveniu sa radiácii rozptýlenej vo vzduchu.

2.2. Spracovanie uránovej rudy

2.2.1. Mletie uránovej rudy

Mletie zväčša prebieha v blízkosti miesta ťažby. Je používané na extrahovanie uránu z rudy. Väčšina ťažobných komplexov obsahuje tiež mlyn, aj keď v oblastiach, kde je umiestnených viacero baní blízko pri sebe môže postačovať jeden mlyn. V mlyne, je ruda rozdrvená a urán sa získava vyplavením, pri ktorom sa používa buď silná kyselina, alebo alkalický roztok. Tento proces produkuje koncentrát oxidu uránu, ktorý má podobu hrubého žltého prášku. Tento koncentrát sa označuje ako „žltý koláč“. V priemere sa koncentrácia uránu v „žltom koláči“ pohybuje okolo hodnoty 80%. Pôvodná ruda pritom často obsahuje približne 0.1% uránu. Urán získaný z roztoku je následne vysušený, balený do dvesto litrových sudov a odoslaný na ďalšie spracovanie.

Zvyšok rudy, ktorý obsahuje väčšinu rádioaktivity a materiálu z pôvodnej horniny sa stáva hlušinou. Tá je umiestnená v účelových zariadeniach neďaleko baní, často v pôvodných výkopoch. Hlušina obsahuje dlhodobú rádioaktivitu v nízkych koncentráciách a toxické materiály spolu s ťažkými kovmi. Aj keď celková rádioaktivita je nižšia a krátkodobejšia, ako v prípade pôvodnej rudy, musí byť izolovaná od svojho okolia.

2.2.2. Konverzia

Produkt z uránových mlynov nie je priamo použiteľný v reaktoroch. Ďalšie spracovanie v podobe obohatenia je potrebné. Tento proces vyžaduje, aby bol urán prevedený do plynnej formy. „Žltý koláč“ musí byť transformovaný na fluorid uránový, ktorý ostáva v plynnom skupenstve aj pri relatívne nízkych teplotách.

V konverznom zariadení je urán najprv prevedený do podoby oxidu uránu, ktorý môže byť použitý priamo v tých typoch reaktorov, ktoré nevyžadujú obohatenie. Väčšina je

ale ďalej prevedená na fluorid uránový, vhodný pre obohacovacie zariadenia. Ten je naložený do silných kovových kontajnerov a pripravený na prepravu.

2.2.3. Obohatenie

Prírodný urán pozostáva najmä z dvoch izotopov nazývaných urán 235 a urán 237. Len približne 0.7% prírodného uránu je štepny materiál, ktorý je použiteľný na výrobu energie. Štepným izotopom je urán 235, zvyšok je urán 237.

V najbežnejších typoch reaktorov je potrebná vyššia, ako prirodzená koncentrácia uránu 235. Pri obohacovacom procese vzniká typicky zmes o koncentrácii 3.5%-5% uránu 235. Asi 85% uránu 238 sa z pôvodnej rudy odstráni. Proces začína rozdelením plynného fluoridu uránového na dva prúdy. Jeden je obohacovaný a druhý je vyčerpávaný.

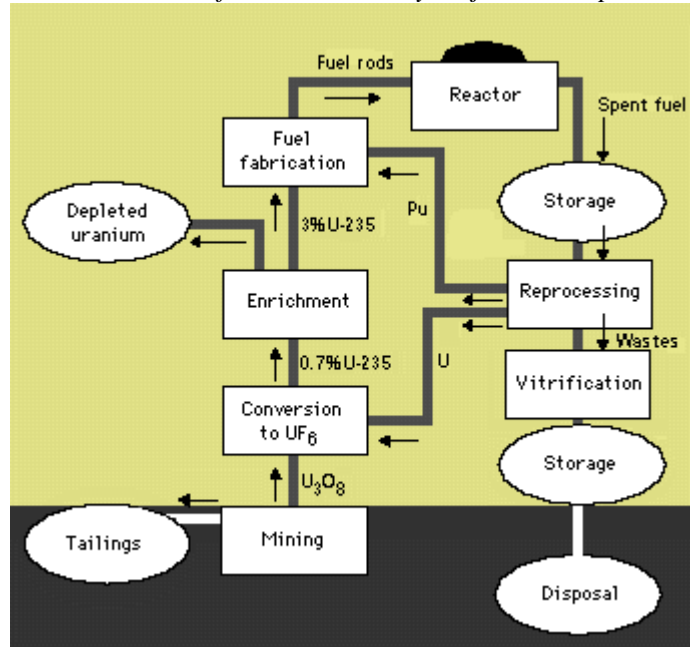
Komerčne sa používajú dve hlavné spôsoby obohacovania. Plynná difúzia a plynná centrifúga. Oba procesy využívajú fyzikálne vlastnosti molekúl tohto plynu. Konkrétne 1% rozdiel v hmotnosti. Produktom tohto procesu je obohatený fluorid uránový, ktorý je naspäť skonvertovaný na oxid uránu.

Pri popise obohacovania sa používa separative work unit (SWU), ktorá je funkciou množstva obohacovaného materiálu, koncentrácie uránu 235 vo vstupnej hornine a jeho koncentrácie v obohatenom a ochudobnenom uráne.

2.3. Výroba jadrového paliva

Reaktorové palivo je vo všeobecnosti vo forme keramických peliet. Tie sa vytvárajú zo stlačeného oxidu uránu, ktorý je zahrievaný na teplotu až 1400°C. Pelety sú potom umiestnené do kovových trubiek, tak aby sformovali palivové tyče, ktoré sú spojené do palivových jednotiek a pripravené na vsunutie do reaktoru. Rozmery a hmotnosť peliet sú dôsledne kontrolované, aby sa zaistila konzistencia palivových balíčkov.

Obrázok 1: Grafická ilustrácia cyklu jadrového paliva



Zdroj: Uranium Information Centre (<http://www.uic.com.au/ni65.htm>)

3. Predpokladaný vývoj dopytu po jadrovom palive

3.1 Úvod

Urán sa dnes používa ako vo vojenskom, tak aj civilnom sektore. Vo vojenskom sektore sa využíva hlavne ochudobnený urán, ktorý vzniká ako vedľajší produkt pri obohacovaní uránu. Pre svoju tvrdosť, vysokú váhu a hustotu sa používa ako prímies do munície, pancierov a v špeciálnych navigačných zariadeniach. Malé množstvá obohateného uránu sa používa na pohon reaktorov vojenských plavidiel (presné množstvá a stupeň obohatenia sú utajované). V minulosti bolo značné množstvo vysoko obohateného uránu využité pri výrobe jadrových zbraní. Dnes ich výroba stagnuje a stali sa naopak zdrojom uránu. V civilnom sektore sa urán využíva hlavne na výrobu elektrickej energie. Ďalšie využitie nachádzajú rôzne ododeniny uránu v medicíne, práci s röntgenovým žiarením, fotografickom priemysle, pri spracovaní kože a bavlny. Všetka vyššie spomenutá spotreba je zanedbateľná v porovnaní

s množstvom uránu spotrebovaným v energetike. Preto budeme v práci dopyt po uráne stotožňovať s dopytu po uráne zo strany energetického priemyslu.

Spotreba uránu v energetickom priemysle je v krátkom období určená hlavne inštalovanou kapacitou. Presnejšie množstvom elektriny vyprodukovanej vo fungujúcich jadrových elektrárňach. Väčšina kapacity, predpokladaná na najbližšie roky, je už inštalovaná, teda v krátkom období je možné predpovedať dopyt po uráne pomerne presne.

Dopyt po uráne je taktiež určený aj spôsobom využívania inštalovaných kapacít, a to aj v prípade ak sa inštalovaná kapacita nemení. Behom posledných desiatich rokov existoval celosvetový trend smerom k predlžovaniu životnosti a disponibility jadrových zariadení. V roku 2007 bol priemerný svetový index disponibility 81,3%. Na porovnanie v roku 1990 to bolo len 71%¹. Predĺženie životnosti a zvýšenie disponibility majú za následok vyššiu spotrebu paliva a zvyšujú dopyt po uráne. Ďalšími faktormi ovplyvňujúcimi spotrebu uránu sú medzi inými aj dĺžka palivového cyklu a pomer medzi cenami prírodného uránu a cenami obohatenia.

Vysoký výkon a ekonomická konkurencieschopnosť existujúcich elektrární, spôsobená hlavne nízkym prevádzkovými nákladmi, nákladmi na údržbu a relatívne nízkou cenou paliva, spôsobujú, že v mnohých krajinách sa prejavuje snaha o vylepšenia a predĺženie životnosti existujúcich reaktorov. To vyúsťuje v snahu udržať elektrárne v prevádzke tak dlho, ako je len možné pri dodržaní bezpečnostných predpisov a snahy o navrhovanie kapacít tam, kde je to možné. Tento trend je hlavne viditeľný v Spojených štátoch, ale aj ostatné krajiny ako Francúzsko, Maďarsko, Holandsko, Rusko, Švédsko a Švajčiarsko plánujú predĺžiť životnosť už existujúcich jadrových elektrární.

Stavba nových jadrových elektrární zvýši dopyt po uráne len za predpokladu, ak množstvo novo inštalovaných kapacít prevýši počet odstavených elektrární. Pri

¹ Uranium 2005: Resources, Production and Demand (2006), Paríž: OECD Publishing

rozhodovaní o výstavbe nových elektrární je potrebné zhodnotiť množstvo faktorov pred tým, ako sa začne s plánovaním a výstavbou. Patria sem:

- Predpokladaný rast dopytu po elektrine
- Cenová konkurencieschopnosť nových jadrových elektrární a paliva v porovnaní s ostatnými spôsobmi výroby energie s ohľadom na dereguláciu trhu a obmedzovanie emisií
- Obavy o zabezpečenie prísunu paliva
- Reakcie verejnosti na predstavené jadrové programy, ich bezpečnosť a nakladanie s odpadom
- Obavy z prepojenia verejného a vojenského využitia jadrových kapacít
- Ohľady na životné prostredie. Hlavne s prihliadnutím na možnú úlohu, ktorú môže jadrová energia zohrať pri znižovaní emisií a znečistenia

Štatistiky naznačujú, že mnoho krajín sa rozhodlo na základe súhry vyššie spomenutých faktorov v prospech konštrukcie nových jadrových elektrární. Najvýznamnejšie programy pre výstavbu nových reaktorov sa plánujú v Číne, Indii, Kórei, Japonsku a Rusku. Menšie programy sa uskutočňujú vo Fínsku a Francúzsku. Nálada smerom k výstavbe nových reaktorov sa pomaly vytvára aj v USA a Veľkej Británii. Na druhej strane bolo v niekoľkých krajinách (Švédsko, Holandsko, Nemecko) oznámene, že sa budú pokúšať zredukovať svoju inštalovanú kapacitu. Avšak programy výstavby spolu s navýšeniami kapacity a predĺžením životnosti, ak sa zrealizujú, s najväčšou pravdepodobnosťou prevážia odstávky.

3.2 Faktory ovplyvňujúce dopyt po uráne

Kľúčovým faktorom pri určení spotreby urán pre obdobie do roku 2030 bude rast spotreby elektrickej energie podmienený ekonomickým a populačným rastom. Výber paliva pre ktoré sa krajiny rozhodnú pri pokrývaní tohto rastu bude podobne kľúčový. Tento výber bude určený viacerými faktormi, vrátane energetickej bezpečnosti, relatívnej ceny jednotlivých palív, ohľadu na životné prostredie a technologických činiteľov. Medzi tie patrí množstvo uránu potrebné na spustenie reaktora, typ reaktora,

záťažového faktoru, dĺžka palivového cyklu, dĺžka a frekvencia technických odstávok.

3.2.1 HDP

Rast v populácie spolu s rastom globálnej ekonomiky sú kľúčovými faktormi, ktoré spôsobia nárast dopytu po energii. Hlavne v krajinách, kde bude zaznamenaný výrazný rast HDP per capita. Medzi tieto krajiny patrí Čína, India a Rusko. Je potrebné podotknúť, že všetky odhady budúceho vývoja prezentované v tejto práci predpokladajú, že nedôjde k žiadnym výrazným zmenám, ktoré by ovplyvnili správania sa spotrebiteľov, spôsob výroby elektrickej energie a rast dopytu po elektrickej energii.

3.2.2. Energetická bezpečnosť

Energetická bezpečnosť bola a je dôležitým faktorom ovplyvňujúcim veľkosť inštalovanej jadrovej kapacity v uplynulých desaťročiach. Jadrová energia pomohla zvýšiť energetickú bezpečnosť a diverzifikovať energetické zdroje, hlavne v krajinách s nízkymi domácimi zásobami fosílnych a iných tradičných palív, ako napríklad Francúzsko, Japonsko, Kórea a Taiwan.

Na druhej strane existujú krajiny ako USA a Rusko, ktoré sú obdarené značnými zásobami fosílnych palív. Napriek tomu v značnej miere využívajú jadrovú energiu. Dôvodom je práve vyššie spomenutá diverzifikácia energetických zdrojov a zabezpečenie energetickej samostatnosti.

3.2.3 Ohľad na životné prostredie

Ďalším významným faktorom okrem energetickej bezpečnosti, ktorý sa stane jedným z dôvodov pre rozšírenie jadrovej energetiky v niektorých krajinách, je životné prostredie. V mnohých krajinách je jadrová energetika považovaná za jeden z možných spôsobov pri redukcii produkcie skleníkových plynov. Tento prístup je viditeľný hlavne vo vysoko industrializovaných krajinách ako napríklad Japonsko alebo USA, kde práve ohľad na životné prostredie pomohol udržať záujem o jadrovú energiu. V Japonsku národná stratégia potvrdzuje rozhodnutie vlády znížiť objem produkovaných skleníkových plynov práve pomocou využitia jadrovej energie.

Zmena vo vnímaní jadrovej energie ako čistého zdroja v niekoľkých krajinách viedla k návrhu, prípadne konštrukcii niekoľkých reaktorov. Napríklad vo Fínsku a Veľkej Británii sa mení postoj verejnosti voči jadrovej energetike práve preto, že ju verejnosť začína vnímať ako jednu z možností ako riešiť produkciu skleníkových plynov a znečisťovanie životného prostredia. Ale existujú aj krajiny, kde nedoriešená otázka nakladania s jadrovým odpadom (Dánsko podmieňuje povolenie výstavby nových jadrových zariadení práve predložením návrhu na dlhodobé riešenie uloženia jadrového odpadu), prípadne nehody pri prevádzke elektrární viedli k negatívnemu vnímaniu jadrovej energie a dôraz sa kladie hlavne na možné rizika. Tento trend zdôrazňovanie rizík je viditeľný najmä v Európe, kde je verejnosť veľmi citlivá na akékoľvek negatívne informácie o jadrovej energii.

Náhly rast emisii z uhoľných elektrární spôsobil v mnohých krajinách a regiónoch zvýšenie znečistenia na už temer neznesiteľnú úroveň. Napríklad v Číne sa najznečistenejšie mestá nachádzajú práve v provincii známej produkciou uhlia. V reakcii na tento fakt si čínska vláda dala ambiciózny cieľ znížiť úroveň znečistenia. Hlavne tú súvisiacu so sírovými emisiami, ktoré vznikajú pri spaľovaní uhlia. Jedným z prostriedkov na dosiahnutie tohto cieľa je aj zvýšenie podielu jadrovej energetiky na celkovej produkcii. Rovnako aj v Indii znečistenie vo veľkých mestách ako Nové Dillí, Bombaj a Kalkata začína nepriaznivo vplyvať na kvalitu ovzdušia. Expanzia Indického jadrového priemyslu je súčasťou plánu vlády znížiť znečisťovanie ovzdušia súvisiace so spaľovaním uhlia za účelom výroby energie.

3.2.4 Relatívne ceny jadrovej energie

Zatiaľ čo energetická bezpečnosť a ekológia sú dôležité faktory pri rozhodovaní sa o zložení palivového mixu, oba tieto zložky musia byť doplnené ekonomickými faktormi. Váha prikladaná ekonomickým kritériám je v jednotlivých regiónoch rôzna a záleží na domácich zdrojoch a prístupe jednotlivých vlád voči jadrovej energii. Napríklad vo Fínsku viedlo zavedenie uhlíkovej dane v roku 1990 a ochota subjektov vstupovať do dlhodobých kontraktov k vytvoreniu priaznivého prostredia pre rozvoj jadrovej energetiky. Vo Fínsku boli zástancovia jadrovej energetiky a prevádzkovatelia jadrových zariadení schopní dohodnúť sa s na dlhodobých kontraktoch so zákazníkmi, ktorí majú dlhé investičné cykly. Hlavne v papierenskom

priemysle zákazníci hľadajú možnosť zaistiť si dlhodobé a stabilné ceny pre odber energie. To ich robí vhodnými partnermi pre prevádzkovateľov jadrových zariadení. V iných krajinách, ako napríklad USA, bola jadrová energia v minulosti podporovaná z dôvodu zväčšenia energetickej samostatnosti a bezpečnosti, a to aj napriek jej relatívnej cenovej nekonkurencieschopnosti v porovnaní so spaľovaním fosílnych palív.

Nákladová štruktúra jadrových elektrární je charakterizovaná veľkými kapitálovými investíciami, ktoré amortizujú dlhú dobu a pomerne nízkymi nákladmi na palivo a údržbu. Táto nákladová štruktúra spolu s technologickými faktormi robí jadrové elektrárne ideálnym kandidátom na pokrytie základného odberu elektrickej energie, ale sú nevhodné pre vykríkaní krátkodobého nárastu spotreby počas špičiek.

3.2.5 Technologické faktory

Pokrok v technológiách používaných pri stavbe a navrhovaní, smerujú k zníženiu počtu odstávok za účelom údržby a jej zjednodušenie. To by malo viesť k väčšej vyťažnosti reaktora počas jeho životnosti. To sa odrazí na dopyte po uráne. Zvýšenie dopytu po uráne v krajinách ako USA, Japonsko, Francúzsko a Rusko bude práve dôsledkom zvýšenia záťažového faktoru a vylepšení už existujúcich a fungujúcich reaktorov.

Dopyt po uráne bude tiež ovplyvnené ďalšími vylepšeniami v jadrovej energetike a spotrebou reaktorov. Do roku 2030 sa predpokladajú ďalšie vylepšenia v súčasnosti dominantnej technológii ľahko vodného reaktoru, ktoré budú zamerané hlavne na ekonomickejšiu prevádzku, zvýšenie efektívnosti a zavedenie účinnejších bezpečnostných opatrení. To by sa malo dosiahnuť štandardizovaním dizajnu, predĺžením životnosti, znížením nebezpečenstva roztavenia jadra a zvýšením stupňa vyhorenia paliva.

3.2.6 Neistoty ovplyvňujúce budúci dopyt uránu

Existujú faktory, ktoré môžu ovplyvniť dopyt po uráne, a to rovnako smerom nahor ako aj nadol. Medzi iným môžeme spomenúť, technologické inovácie, zvýšenie efektívnosti, alebo zníženie fixných nákladov, ktoré by spôsobilo väčšiu

konkurencieschopnosť jadrovej energie v porovnaní s hlavnými konkurentmi, ako uhlie a zemný plyn, zmeny v cenách uránu. Zavedenie špeciálnych daní voči znečisťovateľom ovzdušia. Zmeny vzájomného pomeru cien fosílnych palív a uránu.

Regulácie a opatrenia, ktoré vyžadujú zredukovanie skleníkových plynov, by mohli zvýšiť konkurencieschopnosť uránu. To by mohlo zahrňovať rôzne ekologické dane, vrátane dane z CO₂, prípadne regulácie, ktoré by od znečisťovateľa požadovali zachytenie a uskladnenie vyprodukovaných emisií, hlavne CO₂. Podobné opatrenia zvyšujú cenu fosílnych palív, a tak zvyšujú konkurencieschopnosť uránu.

Faktor, ktorý by mohol viesť k zníženiu dopytu po uráne, je v prvom rade značný nárast ceny uránu. To by mohlo viesť k tlakom na zníženie obsahu izotopu uránu 235 v úpravníckom odpade. To je síce finančne a energeticky náročné, ale pri dostatočnom zvýšení ceny uránu sa to môže stať výhodným. Tento proces by sa dal označiť ako zvýšenie efektívnosti pri výrobe paliva a spôsobil by pokles dopytu po ťažbe uránu.

3.3 Scenáre

Základom pre modelovanie dopytu po jadrovom palive a medziproduktach, ktoré vedú k jeho výrobe, bol zoznam všetkých jadrových reaktorov, ktoré dnes existujú a sú v komerčnej prevádzke. Do zoznamu sme následne pridali reaktory, o ktorých vieme, že sú vo výstavbe, prípadne sú plánované. Pri všetkých elektrárňach je známa inštalovaná kapacita. Dodávka elektriny ale nie je uvádzaná pri všetkých elektrárňach. Preto sme sa rozhodli ju odhadnúť na základe inštalovanej kapacity a disponibility 81,3% (súčasná priemerná disponibilita). Výsledné číslo sme potom využívali pri ďalších výpočtoch.

Na základe už spomenutých faktorov sme sa rozhodli vytvoriť 3 scenáre, ktoré by mali simulovať rôzne spôsoby, ktorými by sa mohol v budúcnosti uberať dopyt po uráne. Každý scenár ma tri hlavné zložky.

Prvá zložka vychádza zo zoznamu reaktorov, ktoré v súčasnosti v prevádzke (431 reaktorov). V prípade fungujúcich reaktorov sme posudzovali, či a kedy dôjde

k odstaveniu elektrárne z technologických z dôvodov, alebo či budú elektrárne uzatvorené z politických dôvodov (napr. Nemecko).

Druhou zložkou sú elektrárne plánované prípadne reaktory, ktoré sú už vo výstavbe. Pri týchto elektrárňach je uvedený predpokladaný dátum dokončenie, čo nám umožňuje jednoducho ich zahrnúť do našej predpovede. Za najdôveryhodnejšie v tejto kategórii považujeme informácie o elektrárňach, ktoré už sú vo výstavbe. Vo všetkých scenároch predpokladáme, že elektrárne, ktoré sa už začali stavať budú dokončené. Za menej dôveryhodné považujeme informácie o plánovaných elektrárňach, o ktorých predpokladáme, že za určitých podmienok môžu byť zrušené.

Tretou zložkou sú plány a vyhlásenia jednotlivých krajín o množstve elektrickej energie, ktorú chcú v budúcnosti získavať z jadrových elektrární. Informácie v tejto zložke sú najmenej dôveryhodné. Nezahŕňajú totiž žiadne informácie o konkrétnych reaktoroch, ale len plány na vytvorenie určitého množstva inštalovanej kapacity. Do tejto kategórie patria vyhlásenia Číny (výstavba 30 reaktorov, každý o kapacite 1 000 MW do roku 2020), Indie (nové reaktory s kapacitou 14 000 MW do roku 2020), Juhoafrickej republiky (16 000 MW do roku 2025), Pakistanu (8 000 GW do roku 2030) a Ruska, ktoré v období 2010 – 2030 plánuje každoročne zvýšiť svoju inštalovanú jadrovú kapacitu o 2 000 až 3000 MW. Pred použitím týchto hodnôt sme od nich odčítali už plánované, alebo stavané reaktory spomenuté v predchádzajúcom odstavci.

Na základe takto odhadnutej inštalovanej kapacity sme potom odhadli výrobu elektriny v jednotlivých rokoch a z nej potom odvodili dopyt po jadrovom palive, prírodnom uráne a kapacít potrebných na vyprodukovanie daného množstva paliva.

3.3.1 Scenár: Nízky rast

Tento scenár predpokladá v zásade nepriateľský postoj k jadrovej energii a šírenie ústupu od jadrovej energie v Európe. Okrem psychologických faktorov, predstavujúcich silné protijadrové nálady, predpokladá aj naplnenie radu ekonomických faktorov.

Samotná prevádzka jadrových elektrární je dnes výhodnejšia ako ktorákoľvek iná alternatíva využiteľná v podobnom rozsahu. Zatváranie jadrových elektrární pred vypršaním ich životnosti je okrem politického rozhodnutia vysvetliteľné aj nárastom problémov pri nakladaní s jadrovým odpadom. Neexistencia vhodného dlhodobého riešenia pre jadrový odpad by potom tiež viedla k neochote investovať do nových zariadení.

Jedným z kľúčových prvkov v tomto scenári je Nemecko. To nedávno oznámilo zámer do roku 2015 uzavrieť všetky svoje jadrové kapacity na výrobu energie. V tomto scenári predpokladáme, že k tomu naozaj dôjde. Nemecko bude schopné uzavrieť svoje jadrové elektrárne a výpadok v dodávke prúdu, ktorý činí 20 722 MW v inštalovanej kapacite nahradiť z iných zdrojov. Podobný zámer ohlásili v západnej Európe aj Švédsko a Belgicko. Ich inštalované kapacity sú však menšie a v globálnom meradle nemajú až taký vplyv. Tento zámer sa na modelovaní dopytu odrazil postupným zatváraním Nemeckých, Belgických a Švédskych elektrární po dosiahnutí veku 40 rokov a zatvorením zvyšných troch elektrární v roku 2015. Samozrejme v týchto krajinách nie sú vo výstavbe ani v pláne žiadne ďalšie jadrové elektrárne.

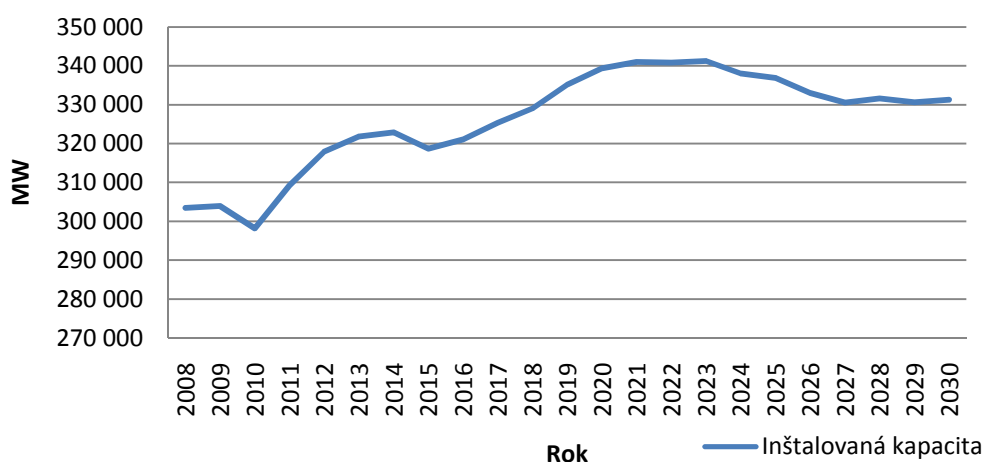
Ďalším významným faktorom v tomto scenári sú USA. V USA dostane prevádzkovateľ po postavení jadrovej elektrárne a splnení presne daných podmienok licenciu na 40 rokov. Po uplynutí tejto doby je povinný elektrárňou povinný ukončiť prevádzku. Prípadne si môže požiadať o povolenie predĺžiť prevádzku o ďalších 20 rokov. Za predpokladu, že splní všetky bezpečnostné limity, je mu táto licencia udelená. V tomto modeli predpokladáme, že nikto o predĺženie licencie nepožiadá, prípadne mu nebude udelená. To znamená uzatvorenie jadrových zariadení o celkovej inštalovanej kapacite 71 650 MW do roku 2030.

Predpokladáme dostavanie reaktorov, ktoré už sú vo výstavbe. Ale zariadenia, ktoré boli k novembru 2007 označené Európe a Amerike len ako plánované, postavené nebudú. Vyššie spomenuté faktory, ktoré zastavia rast jadrovej energetiky v Európe a Severnej Amerike budú mať menší vplyv na menej rozvinuté ázijské a africké

krajiny. Preto predpokladáme, že krajiny, ktoré deklarujú snahu výrazne navýšiť svoje jadrové kapacity (Čína, India, Pakistan, Juhoafrická republika), uskutočnia tento svoj cieľ na 30%.

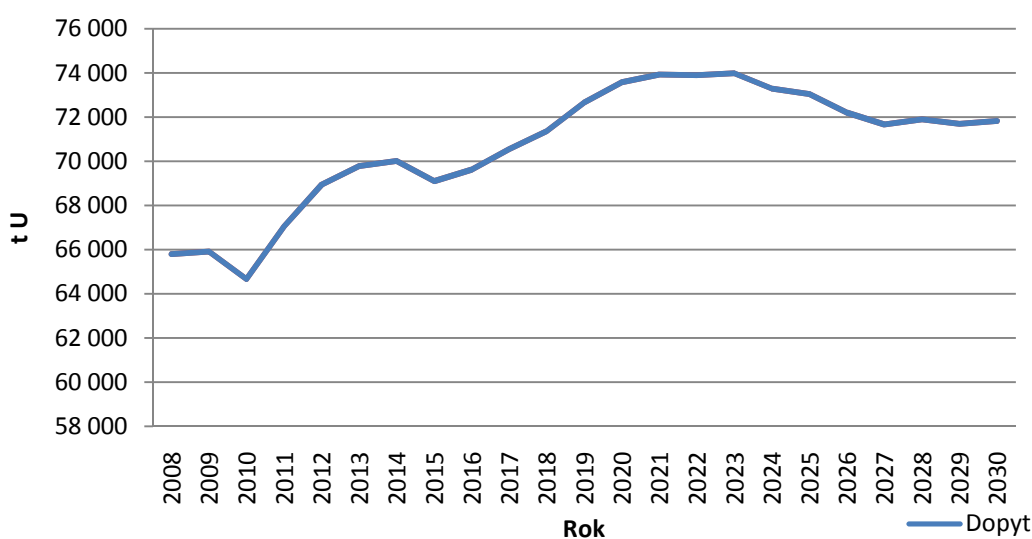
V tomto scenári rastie ročná inštalovaná kapacita priemerne o približne 0,41 % a primerane tomu rastie aj dopyt po jadrovom palive a medziproduktoch, ktoré mu predchádzajú. V tomto scenári vzrastie dopyt po uráne v sledovanom období o približne o 9%.

Graf 1: Inštalovaná kapacita 1



Zdroj: Vlastné odhady na základe údajov z databázy reaktorov (http://db.world-nuclear.org/reference/reactorsdb_index.php)

Graf 2: Dopyt po vyťaženom uráne 1



Zdroj: Vlastné odhady na základe údajov z databázy reaktorov (http://db.world-nuclear.org/reference/reactorsdb_index.php)

3.3.2 Scenár: Mierny rast

Tento scenár predpokladá neochotu investovať do nových jadrových zariadení. Táto neochota môže byť spôsobená verejnými náladami, ktoré sú hlavne v európskych krajinách a sčasti aj Severnej Ameriky značne protijadrové. Prípadne môže byť táto neochota spôsobená neprimerane silnou reguláciou. Ako už bolo spomenuté vyššie, podstatnú časť nákladov v jadrovej energetike tvoria investície do výstavby samotnej elektrárne. V záujme prevádzkovateľa je postaviť a uviesť elektrárne do prevádzky v najkratšom možnom čase. V prípade neprimeraných administratívnych zásahov, ktoré by neprimerane predlžovali výstavbu elektrárne, by firmy nemali záujem investovať do výstavby jadrových elektrární. Predpokladáme tiež, že samotná prevádzka jadrových zariadení sa oplatí v porovnaní s ostatnými palivami. Nie však natoľko, aby pokryli neprimerané fixné náklady. Predpokladom tohto scenáru je tiež pokles protijadrových nálad v Európe a Amerike.

Neochotu investovať do nových jadrových elektrární by podporilo aj zrušenie, alebo výrazne zníženie rôznych typov uhlíkových daní. Prevádzkové náklady by boli stále nižšie v jadrovej elektrárni v porovnaní s inými alternatívami, ale pri rozhodovaní o stavbe novej elektrárne, by ekonomicky výhodnejšou bola uhoľná elektráreň. Výhodu uhoľnej elektrárne by ešte zvýšil nárast nákladov spojených so stavbou a udelením licencie na jadrovú elektráreň.

V tomto scenári dôjde k zmene správania Nemecka oproti scenáru 1. Nemecko sa rozhodne nezatvárať svoje jadrové elektrárne. Ostanú teda v prevádzke, až do uplynutia ich životnosti. V takomto prípade Nemecko zavrie do konca sledovaného obdobia len jednu elektráreň.

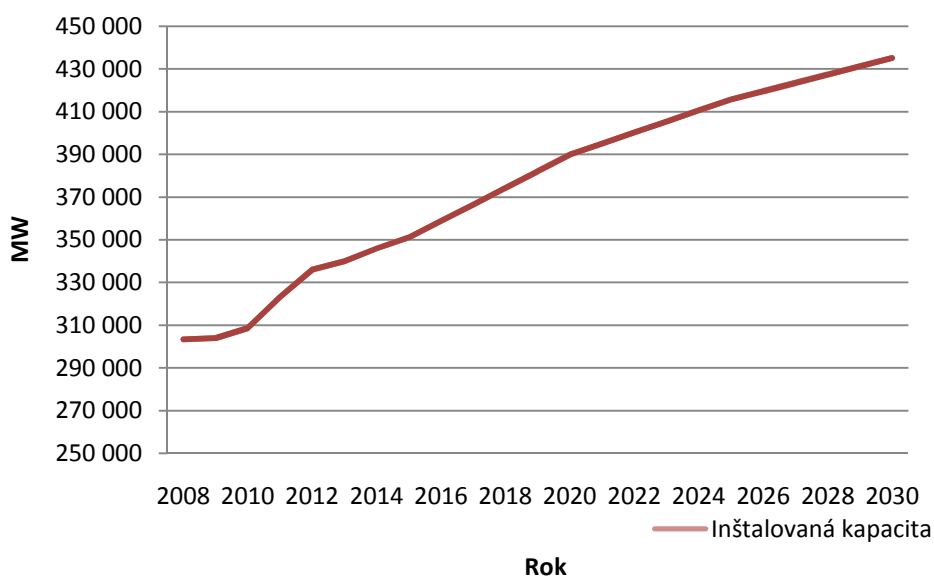
Zmena nastala aj v USA. Oplatí sa prevádzkovať jadrové elektrárne, ale nie je vhodné stavať nové. V takejto situácii sa každý pokúsi predĺžiť si licenciu. Administratívne úkony, ktoré komplikujú postavenie nových elektrární, budú komplikovať aj proces

predlžovania licencií. Pre tento scenár predpokladáme, že licencia bude predĺžená približne polovici žiadateľov.

Pri výstavbe nových elektrární, ktoré sú zatiaľ plánované len ako zvýšenie kapacity. Predpokladáme, že sa podarí uskutočniť 60% týchto plánov. Jedná sa prevažne o africké a ázijské krajiny, kde je nepriateľský postoj k jadrovej energetike oveľa menej výrazný. Regulácia a bezpečnostné predpisy sú v týchto krajinách tiež menej obmedzujúce. Sklzy voči plánom bude mať ekonomické, alebo technologické príčiny.

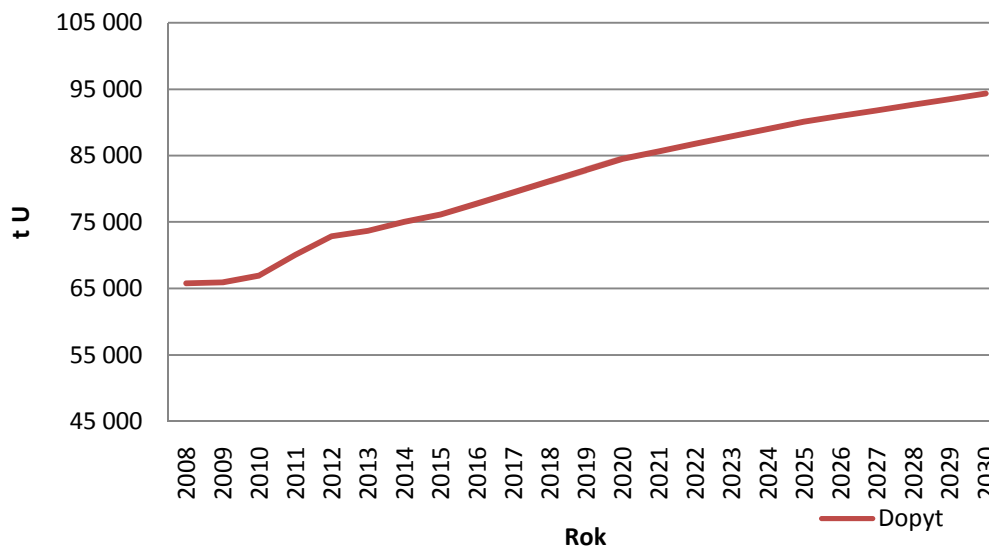
Dostávame tak priemerný 1,6 % ročný nárast v spotrebe uránu a zodpovedajúce zmeny v ostatných medziproduktach vznikajúcich pri výrobe jadrového paliva. Celkový nárast dopytu paliva bude dosiahne takmer 45%.

Graf 3: Inštalovaná kapacita 2



Zdroj: Vlastné odhady na základe údajov z databázy reaktorov (http://db.world-nuclear.org/reference/reactorsdb_index.php)

Graf 4: Dopyt po vyťaženom uráne 2



Zdroj: Vlastné odhady na základe údajov z databázy reaktorov (http://db.world-nuclear.org/reference/reactorsdb_index.php)

3.3.3 Scenár: Vysoký rast

Tento scenár je zo všetkých k troch k rozvoju jadrovej energetiky najpriateľskejší. Predpokladá priaznivú situáciu v ekonomickej konkurencieschopnosti jadrového paliva, rovnako ako priaznivo naklonenú verejnú mienku. Na celom svete predpokladáme postavenie rozostavaných a plánovaných elektrární. V prípade uzávierok z dôvodu ukončenia životnosti tento scenár uvažuje o postavení náhradného riešenia na jadrovej báze, prípadne modernizáciu a opravu elektrárne, ktorá predĺži jej životnosť.

V Nemecku nedôjde oproti predchádzajúcemu scenáru k žiadnej zmene. Elektrárnám sa predĺži životnosť a prvé odstávky predpokladáme až ku koncu uvažovaného obdobia. V USA oproti predchádzajúcemu scenáru predpokladáme, že licencia bude predĺžená všetkým elektrárnám. V prípade predlžovania licencií sú často potrebné zásahy do reaktora a jeho modernizácia. Súčasťou týchto úprav býva aj navýšenie kapacity, ako sa už udialo aj v minulosti. Preto tento scenár ráta aj z miernym navýšením inštalovanej kapacity v už existujúcich reaktoroch. V rozmedzí rokov 2010

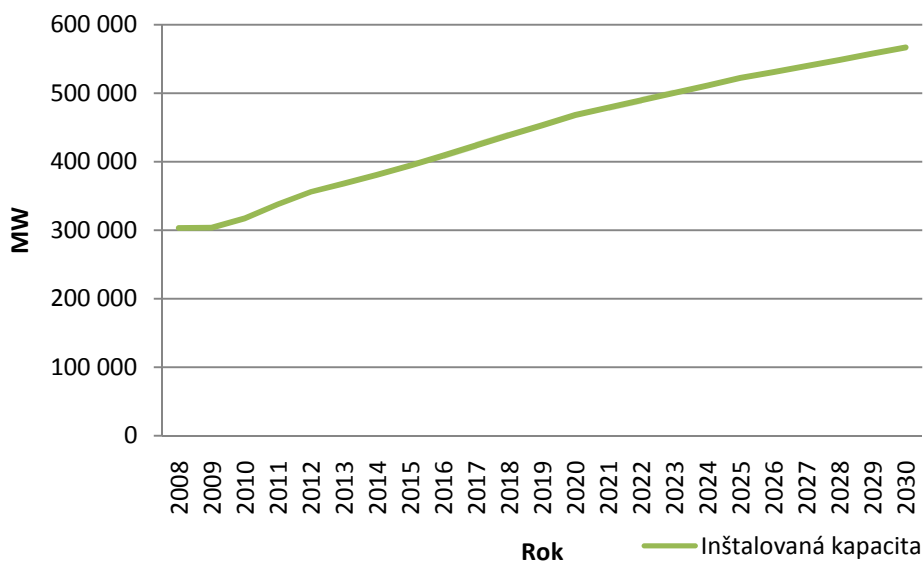
- 2012 dôjde v USA k navýšeniu inštalovanej kapacity o 4 300 MW práve z dôvodu úprav na reaktoroch pri predlžovaní licencií.

V tomto scenári tiež predpokladáme, že krajinám, ktoré plánujú zvýšiť svoju inštalovanú kapacitu a zatiaľ nemajú naplánovanú výstavbu reaktorov na jej pokrytie, sa podarí ich plán uskutočniť v plnej miere.

Okrem ústupu protijadrových nálad je pre tento scenár nevyhnutné aj zotrvanie, prípadne navýšenie uhlíkových daní. Výrazný rast cien uhlia by taktiež zvýšil ekonomickú výhodnosť jadrových elektrární a tým aj pravdepodobnosť uskutočnenia tohto scenára.

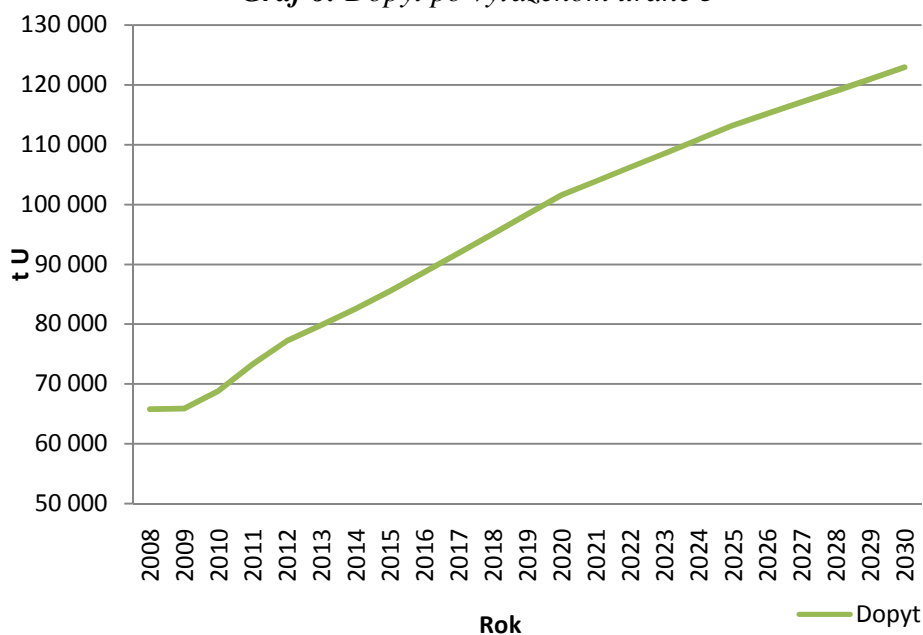
Priemerný ročný rast dopytu po uráne je v tomto scenári takmer 2,9% a celkovo vzrastie dopyt po uráne v uvažovanom období o takmer 88%.

Graf 5: Inštalovaná kapacita 3



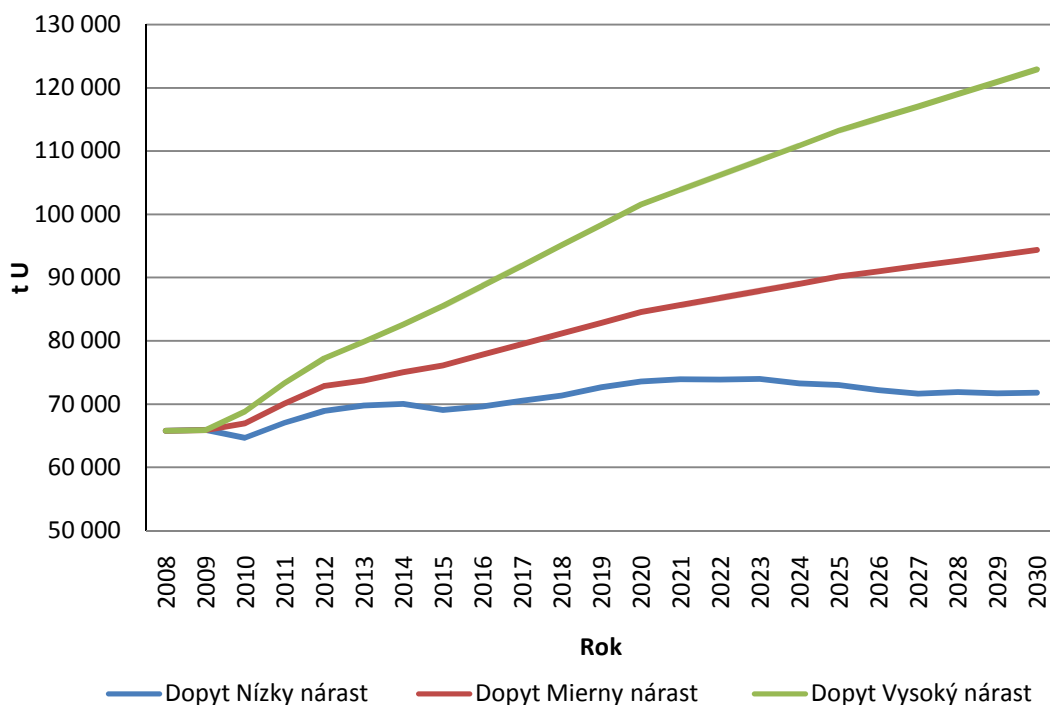
Zdroj: Vlastné odhady na základe údajov z databázy reaktorov (http://db.world-nuclear.org/reference/reactorsdb_index.php)

Graf 6: Dopyt po vyťaženom uráne 3



Zdroj: Vlastné odhady na základe údajov z databázy reaktorov (http://db.world-nuclear.org/reference/reactorsdb_index.php)

Graf 7: Porovnanie dopytov po vyťaženom uráne v rôznych scenároch



Zdroj: Vlastné odhady na základe údajov z databázy reaktorov (http://db.world-nuclear.org/reference/reactorsdb_index.php)

4. Ťažba a zásoby uránu

Ponuka uránu sa delí na primárnu a sekundárnu. Primárna produkcia je čerstvo vyťažený a spracovaný urán. Sekundárnou produkciou sa označuje urán pochádzajúci z iných zdrojov ako napríklad zásob vládnych a súkromných organizácií, recyklovania niektorých produktov z procesu výroby jadrového paliva, prípadne úprav vysoko obohateného uránu z vojenských zásob.

4.1 Zásoby

4.1.1 Kategórie zásob uránu

Vzhľadom na stupeň pravdepodobnosti ich existencie sa ložiská uránu delia na viacero kategórii. Za konvenčné sú označované tie zdroje u ktorých v súčasnosti prebieha, alebo prebiehala ťažba niektorou z bežných metód (povrchové a podzemné bane, vylúhovanie). K nekonvenčným zdrojom patria zdroje, z ktorých je urán v súčasnosti možné získavať urán, ale technológia je v experimentálnom štádiu a nie je možné jej komerčné nasadenie. Konvenčné zdroje sa delia na objavené zdroje (IdR z anglického identified resources) a neobjavené zdroje (UR z anglického undiscovered resources). IdR sa ďalej delia na primerane zaručené (RAR z anglického reasonably assured resources) a usudzované zdroje (IR z anglického inferred resources). Do UR patria predpokladané zdroje (PR z anglického prognosticated resources) a špekulatívne zdroje (SR z anglického speculative resources)

Označenie RAR sa vzťahuje na zdroje, ktoré sa vyskytujú v známych mineráloch v daných množstvách, zložení a stupňa. Ich získanie je možné pri existujúcich technológiách a cenu ich získania je možné odhadnúť. Odhady o množstve a stupni sú založené na konkrétnych meraniach a vzorkách a znalosti vlastností ložiska.

IR označuje zdroje, ktoré zatiaľ neboli priamo preskúmané. Ich výskyt je predpokladaný ako rozšírenie už objavených zdrojov. Odhady o kvalite a množstve rudy sú vytvorené na základe znalostiach geologického prostredia daného ložiska.

PR odkazujú na zdroje od ktorých sa očakáva, že existujú na základe dobre definovaných geologických trendov zo známych nálezísk. Pod SR sa rozumejú

o ktorých sa predpokladá, že existujú na základe vhodných geologických podmienok v ešte nepreskúmaných oblastiach.

V rámci jednotlivých kategórii sa ešte zdroje delia podľa ceny za ktorú by mohli vyťažené. Tradične sa používajú tri cenové hranice. Vyťažiteľné za menej ako 40 USD/kg, menej ako 80 USD/kg a menej ako 130 USD/kg.

4.1.2 Objavené zdroje

Informácie o kategórii RAR sú najpresnejšie a zároveň aj najspoľahlivejšie. Podstatne odlišnejšia je situácia v kategórii SR. Ako už napovedá samotný názov tejto kategórie pre tieto zásoby neexistuje žiaden priamy dôkaz a informácia o ich existencii sú len nepriame. Celkové objavené zásoby dosahujú hodnotu 5 468 900 t U a ich existencia je takmer istá. Neobjavené zásoby sú takmer dvojnásobné (10 471 000 t U), ale informácie o nich sú podstatne menej dôveryhodné.

Tabuľka 1: Rozdelenie zásob podľa jednotlivých kategórii

Kategória ložiska		Náklady na ťažbu (USD/kg)	Množstvo t U	Spoločnosť údajov
IdR	RAR	40	1 766 400	vysoká  nízka
		80	2 598 000	
		130	3 338 300	
	IR	40	1 203 600	
		80	1 858 400	
		130	2 130 600	
UR	PR	80	1 946 000	
		130	2 747 000	
	SR	130	4 773 000	
		neznáme	2 951 000	

Zdroj: Uranium 2007: Resources, Production and Demand (2008), Paríž: OECD Publishing

V nízko nákladovej kategórii pod 40 USD sú najväčšie zásoby vo forme, kde najvhodnejším spôsobom ťažby bude produkcia uránu ako vedľajšieho produktu (hlavne v Austrálii a Afrike). Druhou najvýznamnejšou metódou bude ťažba v

podzemných baniach. V kategórii RAR s cenou pod 130 USD je poradie dôležitosti jednotlivých metód ťažby nasledovné: podzemné bane, povrchové bane, urán ako vedľajší produkt a vylúhovanie.

Tabuľka 2: Rozdelenie zásob podľa spôsobu ťažby v kategórii RAR

RAR			
Spôsob ťažby	<USD 40/kgU	<USD 80/kgU	<USD 130/kgU
Povrchová ťažba	300 700	456 700	797 100
Hlbinná ťažba	541 000	944 200	1 225 500
Vylúhovanie	349 300	423 600	481 900
Vedľajší produkt	547 100	606 500	606 500
Neznáma metóda	28 300	167 000	227 300

Zdroj: Uranium 2007: Resources, Production and Demand (2008), Paríž: OECD Publishing

Podobné pozorovanie je možné aj v kategórii IR. V kategórii pod 40 USD/kg je najväčšie množstvo uránu vhodné pre produkciu uránu ako vedľajšieho produktu. V kategórii pod 130 USD/kg by najpoužívanejšou metódou bola klasická podzemná ťažba (asi 1/3) nasledovaná ťažbou urán ako vedľajšieho produktu, povrchovou ťažbou, vylúhovaním a najmenej zásob je vo forme vhodnej pre ťažbu v povrchových baniach.

Tabuľka 3: Rozdelenie zásob podľa spôsobu ťažby v kategórii IR

IR			
Spôsob ťažby	<USD 40/kgU	<USD 80/kgU	<USD 130/kgU
Povrchová ťažba	202 100	199 300	251 900
Hlbinná ťažba	265 700	692 400	767 000
Vylúhovanie	358 600	425 300	438 400
Vedľajší produkt	367 000	445 800	493 200
Neznáma metóda	10 200	95 600	180 100

Zdroj: Uranium 2007: Resources, Production and Demand (2008), Paríž: OECD Publishing

4.1.3 Neobjavené zdroje

Neobjavené zdroje obsahujú PR a SR. Pre takmer všetky PR a SR predpokladá, že budú vyťažené metódou vylúhovania.

Údaje v kategórii SR sú nekompletné. Len 26 krajín nahlásilo údaje o týchto zdrojoch. Značná časť krajín tiež uvádza, že v tejto oblasti neprevádza systematický prieskum a nesleduje kategóriu SR. Dá sa preto predpokladať, že existujú krajiny s potenciálom na značné ložiská uránu v nepreskúmaných oblastiach, napr. Austrália.

Zásoby v kategórii PR sú odhadované na necelých 2,8 milióna t U, ktorý sa dá získať v cene pod 130 USD/kg. Z toho je približne 1,9 milióna t U v cene pod 80 USD/kg. U krajín, ktoré nahlásili kategóriu SR je odhadované množstvo zásob v hodnote 4,8 miliónu t U v hodnote pod 130 USD/kg. Ďalšie 3 milióny t U sú nahlásené bez udania ceny za ktorú by bolo možné ich vyťažiť. Celkové množstvo v kategórii SR je tak približne 7,5 milióna t U.

4.1.4 Nekonvenčné zdroje

Veľkou neznámou do budúcnosti ostávajú zatiaľ nekonvenčné zdroje a potencionálne zdroje jadrového materiálu. Zdroje uránu klasifikované ako nekonvenčné sú také, v ktorých sa urán nachádza len vo veľmi malých množstvách a získava sa ako vedľajší produkt. V súčasnosti neexistujú ucelené a relevantné materiály, ktoré by systematicky mapovali toto územie. Väčšinou sa nekonvenčné zdroje spájajú s výskytom uránu vo fosfátoch, morskej vode a čiernej bridlici.

Predpokladá sa, že vo v súčasnosti známych zásobách fosfátov sa nachádza približne 22 miliónov ton uránu. Urán sa z fosfátov získava ako vedľajší produkt pri výrobe kyseliny fosforečnej. Na tento spôsob výroby už existuje dostatočne vyspelá a komerčne použiteľná technológia. Táto technológia bola pokusne používaná v USA a Belgicku ale vysoké ceny takto získaného uránu (60-100USD/kg) zabránili jej ďalšiemu rozšíreniu. Súčasná cena za ktorú sa urán predáva by mohla podporiť ďalší výskum v tejto oblasti.

Zásoby v morskej vode sa odhadujú na 4 miliardy ton. Urán sa v nej ale nachádza v extrémne nízkej koncentrácii. Na získanie jediného kilogramu uránu by bolo potrebné spracovať 350 000 ton morskej vody. Technologicky je tento proces v dnešnej dobe uskutočniteľný, je však zatiaľ neekonomický. Cena tohto postupu je zatiaľ približne 700 USD/kg. Pokusná ťažba pokračuje v Japonsku prebieha s cieľom znížiť náklady.

Tórium, ktoré dnes existuje v značných množstvách by mohlo byť v budúcnosti využité ako zdroj jadrového materiálu. Predpokladá sa, že celosvetové zásoby tória dosahujú 4,5 milióna ton. Tento odhad je pravdepodobne značne podhodnotený keďže neexistujú presné odhady zásob vo východnej Európe, bývalom sovietskom zväze a Číne. Neúplnosti informácie pridáva aj fakt, že po tóriu zatiaľ nikdy nebola dostatočný dopyt, čo brzdilo prieskumy v tejto oblasti.

4.1.5 Sekundárne zdroje uránu

Urán je výnimočný zdroj, keďže značná časť spotreby je pokrytá z iných zdrojov ako je samotná ťažba. Sekundárne zásoby uránu zahŕňajú znovu spracované využité palivo, zriadený vysoko obohatený urán zo zbraní a zmiešané oxidové palivo (MOX). Samotné zásoby by sa dali rozdeliť na zásoby súkromného sektora a vládne zásoby. Presné informácie o množstve takýchto zásob sú často klasifikované ako tajné. Nie je teda možné presne určiť celkovú veľkosť zásob a jej presné zloženie.

Aspoň približnú predstavu o existujúcich zásobách môžeme získať pomerne jednoduchým spôsobom. Do roku 2005 sa vyťažilo a spracovalo približne 2 300 000 t U. Spotreba reaktorov za rovnaké obdobie bola približne 1 600 000 t U. Na svete teda existujú zásoby v objeme približne 700 000 t U. Časť týchto zásob patrí civilnému sektoru. Táto budú pravdepodobne k dispozícii trhu, ak produkcia baní nebude stačiť pre pokrytie spotreby reaktorov a cena uránu dostatočne vzrastie. Čo sa týka vojenských zásob, časť vysoko obohateného uránu už bola spracovaná a ponúknutá na trhu. Tento trend bude pravdepodobne v budúcnosti pokračovať. Rovnako bude spracovaná časť jadrového materiálu už použitá v zbraniach. Napriek tomu časť zásob vysoko obohateného uránu ostane vo vojenskom sektore vo forme rovnako zbraní ako aj zásob.

Po politických zmenách ku ktorým došlo v Európe na počiatku 90tych rokov začali v svetovom meradle vznikať snahy o vytvorenie celosvetového integrovaného trhu s jadrovým palivom. Následne boli pre svetový trh uvoľnené zásoby a produkcia bývalých krajín v komunistickom bloku. Napriek dispozícii niektorých informácií stále ešte ostávajú presné čísla neznámymi.

4.1.5.1 Vysoko obohatený urán (HEU)

Vysoko obohatený urán pochádza typicky z vojenských zásob a vyradených jadrových zbraní. HEU obsahuje často aj viac ako 90% izotopu uránu ²³⁵ a musí byť zriedený ochudobneným uránom urán ²³⁸, alebo prírodným uránom 0,7 percentný urán ²³⁵, predtým ako môže byť použitý na výrobu palivových článkov do civilných jadrových reaktorov. Odhaduje sa, že takto získaný urán v súčasnosti nahradzuje približne 10 000 ton uránu ročne, ktorý by sa museli vyťažiť a pokryje približne 15% ročnej svetovej spotreby reaktorov. Ponuka týchto materiálov podlieha bilaterálnym dohodám medzi USA a Ruskom.

4.1.5.2 Spracovanie vojenského HEU

Vo februári 1993 USA a Rusko podpísali zmluvu, ktorou sa Rusko zaväzuje v priebehu dvadsiatich rokov poskytnúť zo svojich zásob 500 ton HEU na zriadenie, tak aby mohlo byť použité ako palivo v komerčných elektrárňach. Osobitná zmluva bola podpísaná na zabezpečenie prírodného uránu potrebného na riedenie.

K 3. januáru 2006 bolo takto z Rusko vyexpedovaných 262 t U HEU, ktorý bol spracovaný na 7 670 ton nízko ohatený urán (LEU), ktorý bol použitý v amerických jadrových reaktoroch.

USA sa v rovnakom období zaviazali k spracovaniu 174 t U svojho HEU a jeho zriadeniu na LEU použiteľných v komerčných jadrových reaktoroch. Z toho 150 t U bude zriedených a 23 ton bolo klasifikovaných na spracovanie ako odpad.

Do roku 2005 bolo takto spracovaných 73 t U a vyrobilo sa tak 894 t U LEU. V tom isto roku Department of Energy deklarovalo záujem uvoľniť z vojenských zásob

d ďalších 200 t U HEU. Z tohto množstva má byť 160 ton použitých na pohon námorných plavidiel, 20 ton vo výskumných reaktoroch a zvyšných 20 ton má byť rezervovaných pre použitie vo vesmírnom výskume.

4.1.5.3 Komerčné zásoby

Jadrové zariadenia si uchovávajú určitý stupeň zásob, aby zabezpečili svoju prevádzku aj v prípade výkyvov v dodávkach. Ich zásoby môžu byť rozdelené do troch základných kategórií, prevádzkové zásoby, strategické zásoby a nestrategické zásoby. Väčšina zásob v civilnom sektore je dôsledkom politik, ktorá od zariadení pracujúcich s jadrovým materiálom požaduje, aby mali v zásobe v rozsahu ich jedno až dvojročnej spotreby. Hodnota týchto zásob je možné odhadnúť, ale presné čísla nie sú k dispozícii, pretože tieto informácie majú často dôverný charakter a krajiny a podniky ich odmietajú zverejňovať.

V USA v súčasnosti dosahujú zásoby neobohateného uránu v súkromného sektoru presahujú 35 000 ton. Vládne zásoby predstavujú približne 20 000 ton neobohateného uránu. Vláda USA nemá žiadne zásoby nízko obohateného uránu, keďže tie boli ako súčasť privatizácie prevedené na United States Enrichment Corporation (USEC). Kupec tak získal približne 30 000 ton nízko obohateného uránu. Avšak väčšina tohto materiálu už bola vyexpedovaná, prípadne existujú zmluvy o jeho predaji v priebehu jedného až dvoch rokov.

Podľa dostupných informácií krajiny východnej a strednej Európy nemajú s výnimkou Ruska žiadne výraznejšie zásoby. Presné čísla ohľadom ruských zásob nie sú známe. Predpokladá sa ale že postupne mierne klesajú.

Nárast cien urán viedol v posledných rokoch k podstatnému poklesu komerčných zásob. Na druhej strane v poslednom čase si jadrové elektrárne začali vytvárať väčšie zásoby kvôli očakávaniu rastu cien a zníženia dostupnosti.

Posledné obdobie zaznamenalo nárast investičného dopytu po uráne. The Uranium Participation Corporation and Adit Capital Management vznikli v roku 2005 s hlavným cieľom investovať do uránu a následne dosiahnuť zisk zhodnotením

svojich zásob rôznych foriem uránu. V máji 2006 Uranium Participation Corporation mala vo vlastníctve viac ako 1593 t U (z toho 1526 ton vo forme oxidu uránového a 67 ton vo forme fluoridu uránového). U týchto podnikov sa predpokladá, že v krátkom období zvýšia množstvo uránu vo svojom vlastníctve. Z dlhodobého hľadiska sa ale predpokladá odpredaj týchto zásob, keď skupiny nadobudnú dojem, že ceny dosiahli svoj vrchol.

4.1.5.4 Znovu obohacovanie ochudobneného uránu

V novembri 2006 existujú značné zásoby ochudobneného uránu, ktorý by potenciálne mohol byť znova použitý v procese obohacovania a nahradiť tak časť primárnej produkcie. Táto možnosť sa zatiaľ veľmi nevyžívala, keďže je vhodná len pre centrifúgy s voľnou kapacitou a nízkymi nákladmi.

V súčasnosti existujú zásoby ochudobneného uránu o objeme približne 1 600 000 t U. Toto množstvo je ekvivalentom približne 600 000 t U. Ročne sa v európskych reaktoroch spotrebuje viac ako 1000 t U vyrobeného v Rusku zo znovu obohateného ochudobneného uránu.

4.1.5.5 Zmiešané oxidové palivo

Zmiešané oxidové palivo (MOX z anglického mixed-oxide) je typ reaktorového paliva, kde je ako štiepny materiál použité plutónium zmiešané s prirodzeným uránom, prípadne ochudobneným uránom v pomer zodpovedajúcejmu obohatenému uránu. Používa sa v na to usposobených ľahko vodných reaktoroch.

V septembri 2000 USA a Rusko podpísali dohodu v ktorej sa zaviazali spracovať po 34 ton plutónia zo svojich vojenských prebytkov. Spracovanie tohto plutónia ma prebiehať aspoň tempom dve tony ročne od momentu, keď budú pripravené zariadenia na jeho spracovanie. Podmienkou je spracovanie plutónia do podoby z ktorej už nebude možné opätovne vytvoriť jadrové zbrane. Zariadenia na spracovanie plutónia by mali byť v USA uvedené do prevádzky v roku 2015. Testovacie zariadenia sú v prevádzke od roku 2005.

Spomenutých 68 ton plutónia by malo stačiť na výrobu paliva, ktoré by bolo ekvivalentom 7000 až 8000 ton prírodného uránu.

Použitie MOX-u sa zatiaľ vo svete veľmi nerozšírilo. Tento typ paliva zatiaľ využíva len malé percento reaktorov. Počet recyklácii je taktiež obmedzený postupným nárastom obsahu izotopov plutónia, ktoré už nie sú štiepne a niekoľkých ďalších nežiaducich prvkov zabraňujúcich štiepeniu v reaktore.

V januári 2005 existuje 35 reaktorov certifikovaných na použitie MOX. Ich celkový výkon predstavuje približne necelých 8% svetovej kapacity. Krajiny v ktorých sa tieto reaktory nachádzajú sú Francúzsko (20), Nemecko (7), Švajčiarsko (3), Belgicko (1), a India (1). Ďalšie reaktory vhodné na spaľovanie MOX-u sa nachádzajú v Číne a Rusku. V USA sa spaľovanie MOX-u testuje hlavne v súvislosti s možnosťou spracovania plutónia zo zbraňových zásob USA. V Japonsku sa plánuje začať s používaním MOX-u v roku 2010. Zariadenia na výrobu tohto paliva existujú, alebo sa plánujú v Belgicku, Číne, Francúzsku, Indii, Japonsku, Rusku a UK.

Podľa údajov Euratomu² používanie MOX-u zníži dopyt po uráne v EU-15 ročne o vyše 1000 t U. Keďže v súčasnosti drvivá väčšina MOX-u sa spotrebúva v krajinách západne Európy je možné, že tento údaj približne predstavuje aj dopad MOX-u na celosvetový dopyt po uráne.

4.1.5.6 Recyklácia vyhoreného paliva

Ďalším zdrojom jadrového paliva sa môže v budúcnosti stať recyklácia vyhoreného jadrového paliva. Jeho využitie bude záležať na vzťahu ceny recyklácie a uskladnenia vyhoreného paliva. V súčasnosti je lacnejšie vyhorené palivo skladovať. Nepredpokladá sa, že by v najbližšej budúcnosti došlo k takému vývoju cien, ktorá by recykláciu spravila ekonomicky výhodnou. Avšak nad ekonomickými dôvodmi môže prevážiť hľadisko jadrovej bezpečnosti. Nedostatočné kapacity na uskladnenie vyhoreného paliva a obavy z možného úniku radiácie môžu viesť k výstavbe ďalších zariadení na znovu spracovanie uránu.

² Európske spoločenstvo pre atómovú energiu

4.1.5.7 Výhľad pre sekundárne zdroje

Pri odhadovaní vývoja sekundárnej ponuky uránu existuje značný stupeň neistoty, hlavne pri dlhodobom vývoji. Informácie o množstvách a kvalite zásob sú často citlivé informácie a sú považované za otázku národnej bezpečnosti. Je preto takmer nemožné dostať sa k presným informáciám o týchto zásobách, pokiaľ už neboli priznané a označené ako prebytočné.

V súčasnosti existuje značný politický tlak na zredukovanie veľkosti zásob vojenského HEU a vojenského plutónia. Kroky vedúce k tomuto cieľu, by značne zvýšili množstvo vojenského HEU použiteľného na riedenie a následne využitie v komerčných reaktoroch. Tomuto procesu, ale môžu zabrániť dva významné faktory. Prvým problémom sú technické a organizačné problémy, ktoré môžu takéto rozhodnutie sprevádzať a nedostatočná politická vôľa smerom k jeho uskutočneniu. Druhým je obmedzené množstvo kapacít, kde je technicky možné upraviť vojenský HEU na LEU použiteľný v komerčných reaktoroch.

Neistý je tiež osud rusko – americkej dohody o znížení zásob HEU po roku 2013. Berúc do úvahy silný očakávaný nárast ruských jadrových kapacít v období do roku 2030 a tiež plánov na výstavbu reaktorov v iných krajinách sa dá považovať za pravdepodobné, že bude nasledovať ďalšia podobná dohoda. Ruská strana, ale naznačila, že nemá v pláne naviazať na existujúcu dohodu a pokračovať v predaji ruských zásob HEU po ukončení súčasného programu v roku 2013.

Vcelku sa predpokladá, že sekundárna ponuka uránu do roku 2015 klesne. Aj napriek začiatku odpredaja amerických zásob HEU začínajúcim v roku 2009 , ktorý bude vykompenzovaný ukončením rusko-americkej dohody o nákupe HEU v roku 2013. Berúc teda do úvahy predpokladaný nárast inštalovanej kapacity bude nevyhnuté zvýšiť produkciu baní.

4.2 Produkcia uránu

V roku 2007 urán produkovalo 20 krajín. V roku 2006 sa medzi krajiny produkujúce urán pridal Irán . Produkcia uránu je značne koncentrovaná. Štyri krajiny, Francúzsko, Nemecko, Česká republika a Maďarsko, produkujú urán len ako súčasť údržby

uzavretých baní. Dve krajiny, Kanada a Austrália, pokryli 40% svetovej produkcie v roku 2007 a 92% produkcie sa delí medzi osem krajín, Kanada (23%), Austrália (18%), Kazachstan (17%), Namíbia (9%), Nigéria(8%), Rusko(8%), Uzbekistan (5%), USA (4%).

Celosvetová produkcia má v posledných rokoch rastúci trend. V rozmedzí rokov 2002 a 2007 produkcia vzrástla o 20% z 36 013 t U na 43 328 t U. Napriek rastúcemu trendu došlo v rokoch 2003 a 2006 k dočasnému poklesu produkcie.

4.2.1 Súčasný stav produkcie v jednotlivých častiach sveta

Severná Amerika Tvorí približne 31% svetovej produkcie . Najväčším svetovým producentom ostáva Kanada aj napriek faktu, že jej súčasná produkcia je pod jej maximálnou kapacitou.

Jediným producentom v Južnej Amerike ostáva Brazília, ktorá ročne vyprodukuje niečo vyše 300 t U, čo je plná kapacita zariadenia v Lagoa Real. Ale očakáva sa znovu začatie výroby v argentínskom komplexe San Rafael, ktorý bol zakonzervovaný v roku 1999.

Západná Európa k svetovej produkcii neprispieva ani jedným percentom. Produkcia zvyšku Európy predstavuje 4399 t U ročne, čo je približne 11% svetovej produkcie. Najväčším dielom k tomuto číslu prispieva Rusko s takmer s viac ako 3000 t U ročne. Nasleduje ho Ukrajina s viac ako 800 tonami a Česká republika, ktorej ťažba sa pohybuje medzi 300 až 400 t U ročne.

Trojica afrických krajín produkujúcich urán (Namíbia, Nigéria, Južná Afrika) prispieva k svetovej produkcia približne 18%, čo predstavuje niečo vyše 8000 t U ročne. Namíbia v roku 2007 vyprodukovala 3800 t U. V Nigérii produkcia dosiahla 3633 t U. Juhoafrická republika produkuje ročne necelých 750 t U. Urán je pritom v Južnej Afrike len vedľajší produkt ťažby zlata.

V Ázii sa produkuje približne 16% svetovej produkcie, čo predstavuje niečo temer 7000 t U. Hlavným producentom v regióne je Kazachstan s približne 4000 t U ročne

nasledovaný Uzbekistanom s produkciou približne 2000 t U ročne. Ďalší traja v producenti v regióne nezverejňujú údaje o svojej produkcii. Odhady však predpokladajú, nasledovné údaje Čína asi 700 t U, India približne 200 t U a produkcia Pakistanu pravdepodobne nedosahuje ani 50 t U ročne.

Austrália je druhým najväčším svetovým producentom uránu. Jej produkcia je necelých 10 000 t U ročne. K výraznejšiemu poklesu došlo v roku 2002, keď kvôli rekonštrukcii bola obmedzená produkcia bane Olympic Dam došlo k poklesu o takmer 3000 t U. V roku 2007 došlo k podobnému poklesu v dôsledku opätovným prevádzkovým problémom v bani Olympic Dam a vysokým zrážkam, ktoré sťažili prístup k zariadeniu v Rangers.

4.3 Svetové výdavky na prieskum možných ložísk a vývoj v dlhom období

V dlhom období a očakáva, že väčšina nárastu v produkcii uránu sa udeje v krajinách, ktoré v súčasnosti patria k najvýznamnejším producentom uránu.

Celosvetové výdavky na prieskum sú nerovnomerne geograficky rozmiestnené. Najväčšie množstvo investície smeruje do oblastí s najväčšou pravdepodobnosťou výskytu objavenia ekonomicky výhodných ložísk, teda do oblastí, kde už sú známe ložiská. V dôsledku toho sa očakáva najväčší nárast novoobjavených zásob sa v budúcnosti zaznamená tam, kde už existujú značné známe zásoby. Dá sa očakávať, že krajiny s nízkymi alebo žiadnymi zdrojmi budú chcieť zúčastniť sa na prieskume využitím spoločných podnikov s krajinami, v ktorých sa prieskum bude robiť.

Výdavky na domáci prieskum vo všeobecnosti klesali v rozmedzí rokov 1998 až 2002. V roku 2002 18 krajín hlásilo výdavky v celkovej výške 95 miliónov USD. V nasledujúcom roku už investície reagovali na rastúcu cenu uránu a vzrástli na 123 miliónov USD. Väčšina výdavkov (80%) je pritom vynaložená siedmymi krajinami: Austrália, Kanada, India, Kazachstan, Rusko, USA a Uzbekistan. V roku 2005 výdavky dosiahli 364 miliónov, aby sa v roku 2006 vyšplhali k hranici 774 miliónov dolárov. V nasledujúcom roku mierne poklesli na 720 miliónov.

Investície do bádania v zahraničí sa v celosvetovom meradle chovali podobne, ako výdaje na domáci prieskum. Svoje minimum dosiahli v roku 2001, keď sa pohybovali tesne nad hranicou 10 miliónov USD, a odvtedy nepretržite rastú. V roku 2007 sa na prieskum možných ložísk v zahraničí vynaložilo takmer 260 miliónov USD. Na tejto sume sa podieľali 4 krajiny: Austrália (1,8%), Kanada (53,8%), Francúzsko (44,3%) a Švajčiarsko (0.01%).

4.3.1 Kanada

Kanadský uránový priemysel je prísne regulovaný Canadian Nuclear Safety Commission a provinčných vlád. Táto regulácia by mohla oddialiť otvorenie nových baní. Napríklad baňa Cigar Lake bola vo výstavbe takmer desať rokov práve kvôli preťahom pri udeľovaní licencie. Pred započatím akejkoľvek výstavby je potrebné najprv získať povolenie od životného prostredia a v niektorých prípadoch aj od pôvodného vlastníka pôdy (pôvodného obyvateľstva).

V najbližšej dobe sa očakáva otvorenie bane Cigar Lake, ktorej produkcia by mala začať niekedy koncom roka 2009. Projekt bol odložený o najmenej rok kvôli problémom so zaplavením bane. Očakáva sa, že behom troch rokov od začiatku prevádzky bude baňa schopná dosiahnuť svoju maximálnu plnú produkciu a to 8000 ton uránu ročne.

Ťažobná spoločnosť Cameco ďalej požiadala o licenciu na zvýšenie produkcie o 18% vo svojich baniach McArthur River a Key Lake. V súčasnosti ich žiadosť prechádza posudzovaním dopadov na životné prostredie. Ak by bola licencia udelená, očakáva sa behom 2 rokov nárast v produkcii so súčasných 8500 ton na 10000 ton.

Väčšina kanadských uránových ložísk sa nachádza v Athabaskej panve v Saskatchewan a v Thelonskej panve v Nunavate. Hľadanie nových ložísk sa sústreďuje hlavne do týchto oblastí. Avšak vysoké ceny uránu podporili výskumy aj v provinciách Quebec, Newfoundland a Labrador, Alberta, Ontario, Manitoba a Yukon.

Do roku 2001 výdaje na domáci prieskum nových ložísk dlhodobo klesali. V nasledujúcom období začali výdavky rásť a v roku 2005 prekročili hodnotu z roku 1998.. Viac ako polovica z 185 miliónov ktoré boli v roku 2005 investované do základného prieskumu bola smerovaná do provincie Saskatchewan, čoho hmatateľným výsledkom bolo objavenie ložiska Millennium Deposit v oblasti Athabaskkej kotline. Kanadské výdaje na prieskum v zahraničí začali narastať v roku 2004 (9,5 milióna USD), aby v nasledujúcom roku poskočili na hodnotu 54 miliónov USD a v roku 2007 sa vyšplhali na sumu 140 miliónov. Väčšina z týchto peňazí smerovala do Austrálie a Kazachstanu

Kanada je dobre vybavená, aby mohla zostať významným producentom uránu aj do roku 2030. Väčšina kanadských zásob patrí do nízko nákladovej kategórie a infraštruktúra spolu s technológiou sú dobre rozvinuté. Taktiež je v Kanade priaznivá nálada voči ďalšej ťažbe, a to aj v Saskatchewan, kde leží väčšina zásob.

4.3.2 Austrália

Austrália je v súčasnosti druhým najväčším svetovým producentom. Z dlhodobého hľadiska je pravdepodobné, že podiel Austrálie na celosvetovej produkcii bude rásť. Má totiž najväčšie objavené zásoby (1 243 000 t U), z ktorých takmer všetky (96%) je možné vyťažiť za menej ako 40 USD/kg.

V Austrália sa financujú rozsiahle domáce prieskumné činnosti. Výdaje od roku 2003 vzrástli zo sumy 4,1 milióna na takmer 71 miliónov v roku 2007. Výdaje na zahraničný prieskum dosiahli svoj vrchol v roku 2005, keď sa priblížili hranici 9 miliónov aby pokryli financovanie prieskumu v Langer Heinrich ložisku v Namíbi. V súčasnosti sa austrálske výdaje na zahraničný prieskum pohybujú pod hranicou 5 miliónov.

4.3.3 Kazachstan

V roku 2007 Kazachstan vyprodukoval 7 245 ton uránu, čo z tejto krajiny robí tretieho najväčšieho producenta uránovej rudy na svete. Jeho podiel na svetovom trhu dosahuje približne 17%. Do roku 2015 sa očakáva podstatný rast, keďže rad nových baní by mal v tomto období začať svoju produkciu. Kazašská štátom vlastnená

spoločnosť na produkciu uránu, Kazatomprom oznámil a svoje plány do roku 2010 podstatne zvýšiť svoju produkciu. Kazatomprom plánuje pritiahnúť do krajiny kapitál a skúsenosti veľkých svetových spoločností ako Camecon a Areva. Očakáva sa, že tieto globálne spoločnosti budú asistovať pri výstavbe a prevádzke nových baní.

Kazachstan má značné zásoby uránu, ktorý je možné vyťažiť pri nízkych nákladoch použitím metódy vylúhovania. Jednou z výhod tejto metódy je okrem jej nízkej ceny v porovnaní s tradičnou baňou aj jej rýchlejšie uvedenie do prevádzky.

Vláda Kazachstanu sa snaží svoju politiku upriamiť smerom k zvýšeniu produkcie uránu. Tomu sa snaží prispôbiť aj regulačný a legislatívny rámec krajiny. To by mohlo znížiť rizikovosť dlhodobých investícií a pritiahnúť zahraničných investorov. Výsledok tejto politiky je viditeľný už v súčasnosti a niekoľko veľkých zahraničných spoločností (Areva, Cameco, Tenex) sa rozhodlo investovať do spoločných podnikov s kazachstanskou štátnou Kazatompromom.

V strednodobom horizonte je množstvo faktorov, ktoré by mohli skaziť plány Kazatomprom na podstatne zvýšenie produkcie. Rast kapacity môže byť obmedzený štátnou reguláciou, nedostatkom vhodných pracovníkov a nedostatočnou infraštruktúrou.

Oddialenie otvorenia niektorých projektov spôsobuje kazašská vláda, ktorá vyžaduje u projektov využívajúcich metódu vylúhovania schopnosť vyťažiť aspoň 80 percent zásob v skúšobnom režime pred povolením komerčnej prevádzky. V súčasnosti má spoločný projekt Kazatompromu a spoločnosti Cameco Inkai problém splniť túto požiadavku aj po dvoch rokoch skúšobnej prevádzky.

4.3.4 Rusko

Ruská vláda oznámila plán na zvýšenie produkcie uránu. Je ochotná minúť 10 miliárd USD na rozšírenie existujúcich baní a otváranie nových. Podľa vládných vyhlásení Rusko plánuje z domácej produkcie pokryť 60 až 70 percent spotreby do roku 2015. Zvyšok by mal pochádzať zo spoločných podnikov s krajinami ako Kazachstan a Ukrajina.

Ministerstvo prírodných zdrojov oznámilo plány na zvýšenie ruskej produkcie uránu na šesťnásobok do roku 2020 (produkcia v roku 2007 dosahovala 3381 ton uránu ročne). Podľa plánu by sa proces mal začať zdvojnásobením produkcie baní na Sibíri, v oblasti Buriat a vytváraním spoločných podnikov s blízkymi krajinami ako napríklad Kazachstan.

Najväčšie ťažobné zariadenie v krajine, Priargunsky, by malo svoju produkciu zvýšiť z 3300 ton ročne na 5500 ton ročne behom nasledujúceho desaťročia. Ďalej by bane Khigda and Dalur, ktorých spoločná produkcia v súčasnosti predstavuje 200 ton ročne, mali svoju produkciu zvýšiť na 3000 ton ročne behom nasledujúcej dekády.

Očakáva sa, že Rusku sa v budúcnosti podarí značne zvýšiť svoju produkciu berúc do úvahy odhodlanie vlády a jej záujem na rozvoji jadrovej energetiky a ťažbe uránu. Podľa oficiálnych údajov výdaje na prieskum a rozvoj uránového sektoru rástli z 25 miliónov v roku 2005 na 33 miliónov USD v roku 2006 a odhady pre rok 2007 zatiaľ udávajú sumu 63 miliónov USD. Vláda tiež oznámila zámer odpredať minoritné podiely v štátom vlastnených baniach za účelom financovania expanzie uránového priemyslu. Ak dôjde k objaveniu nových zdrojov, dá sa predpokladať razantný nárast ťažby.

4.3.5 USA

K októbru 2006 bolo v USA v prevádzke osem baní, v ktorých sa využíva na ťažbu metóda vylúhovania a klasická ťažba v otvorených a povrchových baniach. Prieskumy boli zatiaľ zamerané na ložiská pieskovca v Grand Mineral Belt, Uraven Mineral Belt a Texas Gulf Coastal Plains.

USA nemá žiadne známe ložiská uránu vyťažiteľné za menej ako 40 USD/kg, Väčšina amerických zásob (240 000 t U) patrí do najvyššej cenovej kategórie. V cene do 80 USD/kg dosahujú zásoby 99 000 t U. Na ich rozsiahlu ťažbu by teda boli nutné dlhodobo vysoké ceny uránu. Z dlhodobého hľadiska sa teda nedá očakávať, že by význam USA v produkcii uránu rástol. A to okrem nedostatku a zdrojov na prieskum, ekonomickú nevýhodnosť ťažby a prísnu reguláciu tohto priemyselného odvetvia. Dá

sa teda predpokladať, že z dlhodobého hľadiska sa USA budú aj naďalej spoliehať na dovoz uránu a sekundárne zásoby.

Absencia zásob lacného uránu viedla USA k rozsiahlym investíciám do domáceho prieskumu v posledných rokoch. Svoje minimum dosiahli americké výdaje na domáci prieskum v roku 2002, keď predstavovali len 0,3 milióna USD. Odvtedy došlo k dramatickému rastu výdajov a v roku 2007 USA vynaložili na domáci prieskum 155 miliónov USD.

4.3.6 Afrika

Významné uránové náleziská v Afrike sú lokalizované v Namíbii, Nigérii a Južnej Afrike. V týchto náleziskách sa nachádza približne 19 percent známych svetových zásob uránu.

Ťažba nerastov je významným prispievateľom na ekonomickom raste Namíbie. Vláda má tiež záujem na využívaní ložísk bezpečným a ekologickým, dlhodobo udržateľným spôsobom. Miestna vláda chce svojou politikou zaistiť udržateľný rozvoj a zamerať sa na investície do objavovania, vylepšenia prieskumných technológií, ťažby a spracovania. Od zmien v oficiálnej politike sa očakáva, že pritiahne nových zahraničných investorov a zvýši sa miera, v akej sú nové bane uvádzane do prevádzky, čo poskytne podklad na rast produkcie uránu. V súčasnosti prebiehajú v oblasti Langer Heinrich rozsiahle prieskumné vrty v blízkej budúcnosti sa počíta so začiatkom ťažby.

V Nigérii sú v súčasnosti v prevádzke dve bane so spoločnou kapacitou necelých 4000 ton uránu. Nigérijská vláda plánuje zvýšiť svoju konkurencieschopnosť vytvorením podmienok, ktoré pritiahnu domácich aj zahraničných investorov. Začiatkom roku 2006 bola dvom kanadským spoločnostiam, Northwestern Mineral Ventures a North Atlantic Resources, udelená licencia na prieskum, ktorá dáva právo získať povolenie na ťažbu, ak budú objavené dostatočné ložiská. Prieskum sa sústreďuje hlavne do oblasti Arlite, kde sa nachádzajú v súčasnosti najväčšie známe nigérijské ložiská.

V Južnej Afrike sa urán získava hlavne ako koprodukt pri ťažbe zlata. V takomto prípade urán vo všeobecnosti tvorí asi 10 percent z vyťaženej rudy. V dlhodobom horizonte sa očakáva, že prieskum ložísk navýšenie ťažby bude úzko prepojené s cenami zlata a následným prieskumom nových ložísk. V odpadových rudách sa ale tiež nachádzajú pomerne značné množstvá uránu. Napríklad spoločnosť Anglo Gold Ashanti v súčasnosti skúma možnosť zvýšenia svojej produkcie uránu práve opätovným spracovaním odpadových rúd spolu s otvorením dodatočných baní.

Na zvýšenie celkovej africkej produkcie uránu môže mať z dlhodobého hľadiska negatívny vplyv rad faktorov, ktoré treba brať do úvahy. Vráťame problémoch so suverenitou a politickou nestabilitou, nedostatočne vybudovanú infraštruktúru a nedostatok vody v niektorých oblastiach. Získavaniu uránu potrebuje značné množstvá vody počas ťažby aj nasledovného spracovania. Nedostatok vody v takýchto oblastiach môže viesť k nevýhodnosti ťažby a neochote investovať do prieskumu týchto oblastí.

Napriek tomu sa očakáva, že Afrika zostane z dlhodobého hľadiska významným producentom uránu. Namíbia, Nigéria a Južná Afrika majú značné zásoby a vlády týchto krajín sú ochotné investovať do zlepšenia medzinárodnej konkurencieschopnosti svojich baní. Rovnako prejavili zahraničné spoločnosti záujem investovať v Afrike do ťažby uránu. Jedná sa hlavne o ruské a kanadské. Ďalší prieskum môže viesť k zvýšeniu známych zásob v Afrike.

4.3.7 Ázia

V Ázii sa Čína a India spolu na celosvetovej produkcii podieľajú asi 3 percentami. V Číne sa prieskum sústredil hlavne na pieskovcové ložiská na severe krajiny, a to hlavne v oblastiach: Yili, Erdos, Turpan-Hami, Er'lian, Junggan a Songliao. V súčasnosti sa v tejto krajine nachádza 5 baní produkujúcich spolu 860 ton uránu ročne. Do budúca sa zvažuje použitie efektívnejších metód ťažby, ako napríklad vylúhovanie, aby sa dosiahlo zvýšenie konkurencieschopnosti baní.

V Indii sa prieskum sústredil do oblastí Aravally-Delhi, Cuddapa a Meghalaya. V súčasnosti sedem indických baní produkuje ročne 230 ton uránu.

V dlhom období sa Čína, Japonsko a India nebudú schopné pokryť svoju spotrebu uránu z domácich zdrojov. Očakáva sa, že tieto krajiny sa pokúsia investovať a zakladať spoločnosti v krajinách bohatých na nerastné suroviny. Napríklad Japonsko dnes vlastní podiely na operáciách v Kanade a Nigérii. Čína a India zase vyjadrili záujem vytvoriť spoločné podniky s austrálskymi bankskými spoločnosťami.

Mongolsko by sa v dlhom období mohlo stať významným producentom. V novembri 2006 ešte existuje v tejto krajine niekoľko regiónov, ktorých potenciál zatiaľ nebol poriadne preskúmaný. Prieskum je zatiaľ v ranných štádiách, ale prilákal niekoľko veľkých spoločností, ktoré zvýšili svoju aktivitu hlavne po objavoch medi v oblasti Oyu Tolgo. Napríklad, International Uranium Corporation a Uranex Energy začali s rozsiahlymi vrtmi v tejto oblasti počas roku 2006. Mongolská vláda sa snaží vytvoriť vhodné podmienky ktoré by mali prilákať zahraničných investorov.

4.4 *Predpokladaný vývoj produkcie uránu*³

Projekcie budúceho vývoja produkcie uránu boli vytvorené na základe údajov poskytnutých samotnými krajinami. Projekcie siahajú do roku 2025 a sú rozdelené na dva scenáre. Konzervatívny scenár zahŕňa existujúce produkčné zariadenia a zariadenia ku ktorých výstavbe sa krajiny už zaviazali. Optimistický scenár pridáva k týmto dvom kategóriám ešte plánované a potencionálne zariadenia v ktorých by cena nemala presiahnuť 80 USD/kg. Oba scenáre vychádzajú z RAR a IR kategórie a teda nezahŕňajú SR a PR.

Podľa dostupných informácií by mal urán produkujejúci priemysel v najbližších desiatich rokoch zažiť rozšírenie už existujúcich a otvorenie nových ťažobných zariadení. Uzávierky, ku ktorým by malo dôjsť v dôsledku vyčerpania zásob budú vykompenzované otvorením nových zariadení.

³ Predpovede o vývoji ťažby uránu v tejto sekcii sú prevzaté z publikácie Uranium 2007: Resources, Production and Demand (2008), Paríž: OECD Publishing

Z krajín v súčasnosti produkujúcich, alebo plánuj urán žiadne úplne údaje nenahlásili Čína, India, Mongolsko Namíbia, Pakistan a Rumunsko. Čína len uvádza, že je schopná si svoje krátkodobé potreby uránu pokryť z vlastných zdrojov.

Projekcie sú rozdelené do dvoch scenárov konzervatívneho a optimistického. Konzervatívny scenár obsahuje existujúce zariadenia a zariadenia, o ktorých otvorení už bolo rozhodnuté a podnikli sa kroky k ich spusteniu. Optimistický scenár obsahuje navyše zariadenia plánované a potencionálne.

V súčasnosti je celosvetová produkcia na úrovni približne 44 000 t U ročne, čo je približne 80% zo svetového potenciálu predstavujúceho 55 000 ton ročne. Svetová kapacita by podľa konzervatívneho scenára mala rásť ročne v priemere o 7,3% a dosiahnuť svoj vrchol v roku 2015, keď bude predstavovať 95 630 t U. V nasledujúcich rokoch bude svetová kapacita mierne klesať na úroveň 83 130 t U v roku 2030. V optimistickom scenári bude prudký rast kapacít trvať do roku 2020, keď dosiahne hodnotu 122 620 t U. Priemerný ročný nárast bude predstavovať 10,7%. Následne dôjde k miernemu poklesu kapacít na úroveň 117 850 t U v roku 2030.

Pokles kapacity po roku 2015, respektíve 2020 je spôsobený neexistenciou dôveryhodných plánov na koniec uvažovaného obdobia. Na strane druhej je možné predpokladať, kedy dôjde vyčerpaniu existujúcich zdrojov a zariadenie bude musieť byť uzatvorené

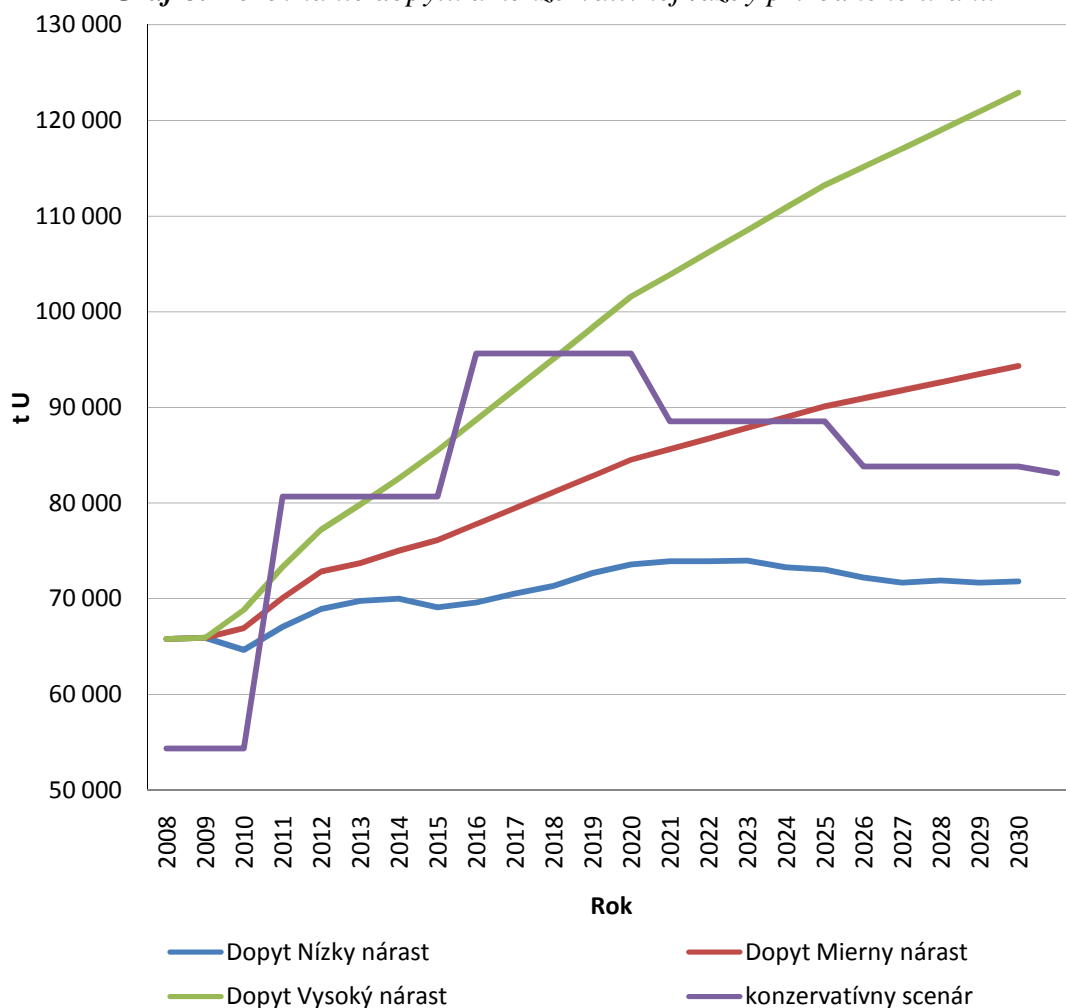
4.5 Vzťah ponuky a dopytu

V súčasnosti je svetová kapacita produkcie uránu pod svetovým dopytom. Ani existujúca kapacita však nie je využitá naplno. Rozdelenie medzi spotrebou a produkciou je pokrytý využívaním sekundárnych zdrojov, teda zásob. Tento stav je však dlhodobou neudržateľný.

Podľa konzervatívnych plánov krajín na navýšenie ťažby uránu, by svetová kapacita uránu mala byť schopná pokryť svetovú spotrebu projektovanú v našich scenároch už v roku 2010. Do roku 2018 by táto kapacita mala stačiť na výrobu uránu postačujúcu pre všetky tri scenáre. V tomto roku ale spotreba scenáru Vysoký rast presiahne

kapacitu a medzera medzi dopytom a produkciou bude rásť do konca uvažovaného obdobia. Spočiatku by malo byť možné pokryť tento rozdiel z existujúcich zásob, ale v období po roku 2020 bude nevyhnutné vytvoriť ďalšie kapacity na ťažbu, ak sa bude dopyt správať v súlade so scenárom Vysoký rast.

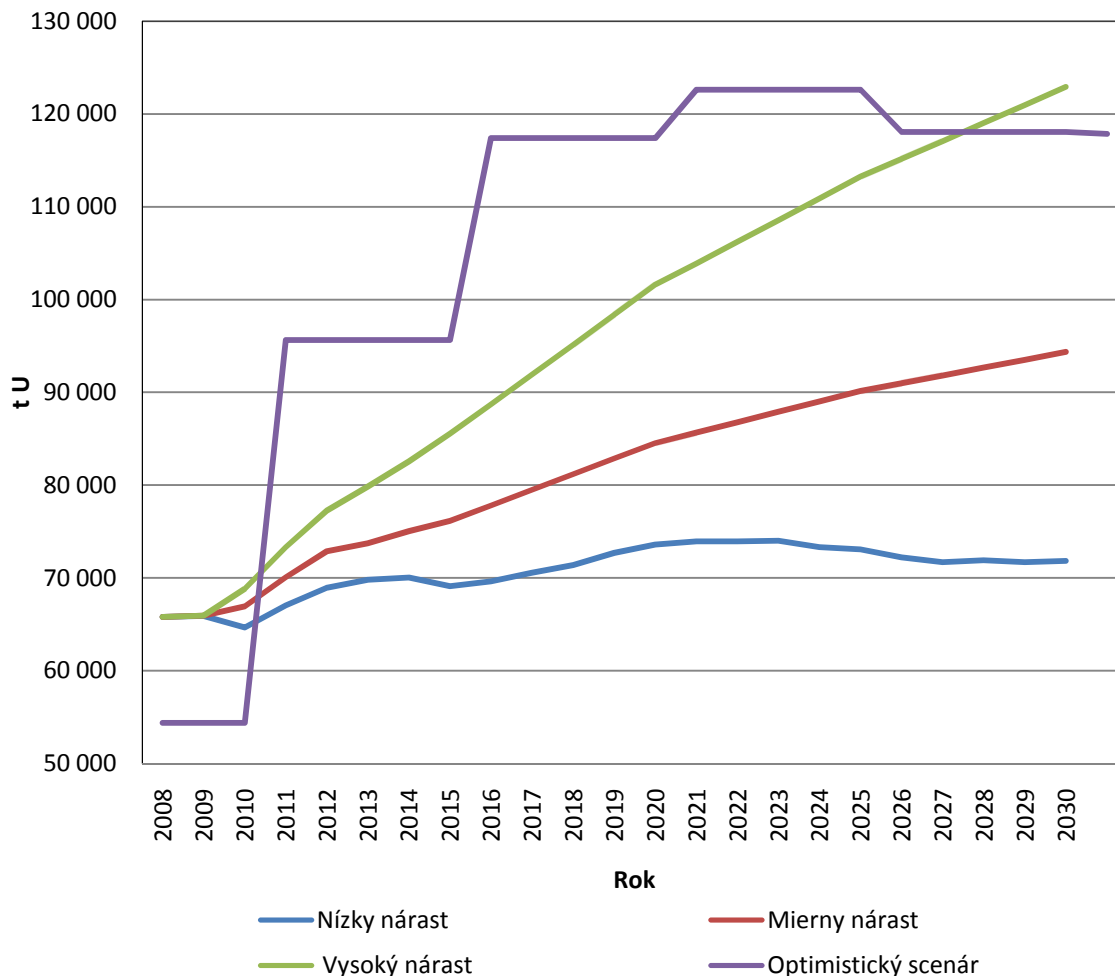
Graf 8: Porovnanie dopytu a konzervatívnej ťažby prírodného uránu



Zdroj: Vlastné odhady na základe údajov z databázy reaktorov (http://db.world-nuclear.org/reference/reactorsdb_index.php) a Uranium 2007: Resources, Production and Demand (2008), Paríž: OECD Publishing

Scenáre Nízky rast by mal rast kapacity pokryť s dostatočnou rezervou. Pri scenári Mierny rast dopyt prevýši kapacitu v roku 2025. Medzera ale nebude v uvažovanom období príliš veľká. Krátkodobo by malo byť možné pokryť ju zo zásob a v dlhom období by tento stav mal viesť k ďalšiemu prieskumu a navýšeniu kapacít. Tento vývoj je, ale už za nami uvažovaným časovým horizontom.

Graf 9: Porovnanie dopytu a optimistickej a ťažby prírodného uránu



Zdroj: Vlastné odhady na základe údajov z databázy reaktorov (http://db.world-nuclear.org/reference/reactorsdb_index.php) a Uranium 2007: Resources, Production and Demand (2008), Paríž: OECD Publishing

Vývoj kapacít podľa optimistických predpovedí s veľkou rezervou stačí na pokrytie vývoja podľa scenárov Nízky rast aj Mierny rast. Do roku 2026 stačí bez problémov aj na pokrytie scenáru Vysoký rast. Medzera ale nie veľká a na jej pokrytie by mali stačiť zásoby, ktoré budú v tej dobe k dispozícii. V dlhšom období by mala táto medzera, ak bude pretrvávať a zväčšovať sa, viesť k tvorbe nových kapacít. To je už ale za časovým obdobím, ktoré uvažujeme.

5. Obohacovanie uránu

5.1 *Súčasný stav*

Urán sa v súčasnosti obohacuje na komerčnej úrovni v deviatich krajinách (USA, Rusko, Francúzsko, Pakistan, Čína, Japonsko, Veľká Británia, Nemecko a Holandsko). Ich súrna kapacita predstavuje 48 455 000 SWU a používajú sa dve technológie, plynová difúzia a plynová centrifúga. Každá z týchto technológií zaberá približne polovice svetovej kapacity. Plynovú difúziu využívajú zariadenia s kapacitou 23 000 000 SWU/rok a kapacita zariadení využívajúcich plynovú centrifúgu je 25 455 000 SWU/rok.

Existujúca kapacita je v súčasnosti nadbytočná. Ak by všetok urán spotrebovaný v súčasnosti v reaktoroch pochádzal z ťažby dopyt po obohacovaní by predstavoval približne 35 287 000 SWU/rok. Nadbytočné kapacity tak dosahujú úroveň 13 168 000 SWU/rok. Z ťažby však dnes pochádza len približne 70% uránu spotrebovaného ročne v reaktoroch. Zvyšok pochádza uránu pochádza zo sekundárnych zdrojov často teda nie je nutné ho obohacovať. Previs ponuky je teda ešte výraznejší ako už spomínaných 13 168 000 SWU/rok.

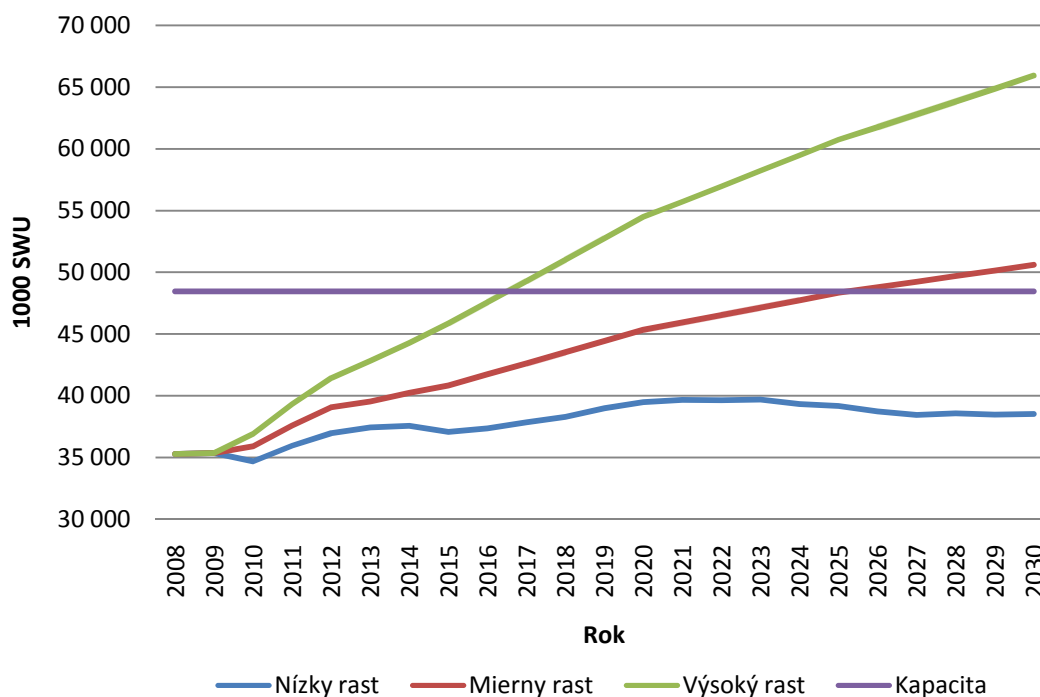
Tento previs je do značnej miery dôsledkom využívania obohacovacích zariadení na výrobu HEU na vojenské účely v minulosti. Tieto voľné kapacity umožňujú znížiť obsah izotopu uránu 235 v úpravníckom odpade. Proces je ale energetický náročný a zvyšuje cenu obohacovanie. Pri vysokých cenách prírodného uránu a nevyužitých kapacitách, sa ale opláti a dokáže znížiť dopyt po uráne, pretože z rovnakého množstva prírodného uránu je možné vyrobiť väčšie množstvo obohateného uránu. Presné zloženie, stupeň obohatenia a obsah uránu 235 v úpravníckom odpade, ale podlieha zmluvám a a zníženie obsahu jeho obsahu by bolo najprv potrebné prerokovať s odberateľmi. Zatiaľ nebol spozorovaný trend znižovania jeho obsahu a vzhľadom na pokračujúci pokles cien urán je v súčasnosti nepravdepodobné, aby k tomu došlo. Ak by sa však znova opakovala situácia z roku 2007, keď cena uránu dosahovala v júni 136,00 USD/lb U_3O_8 , nedá sa podobný postup vylúčiť.

5.2 Budúci vývoj

V najbližšej budúcnosti by celková kapacita mala ostať nezmenená. Predpokladá sa však postupné nahradenie dnes už technologicky prekonaných zariadení využívajúcich princíp plynnej difúzie účinnejšími a energeticky menej náročnými zariadeniami na bázu plynnej centrifúgy. V súčasnosti je vo výstavbe jedno zariadenie v USA (3 000 000 SWU/rok) a jedno Francúzsku (7 500 000 SWU/rok). Obe by mali byť uvedené do prevádzky v roku 2010. Ďalšie zariadenie s kapacitou 3 500 000 SWU je v štádiu schvaľovania v USA a k jeho uvedeniu do prevádzky by malo dôjsť v roku 2012.

5.3 Vzťah ponuky a dopytu

Graf 10: Porovnanie dopytu a nezmenených obohacovacích kapacít

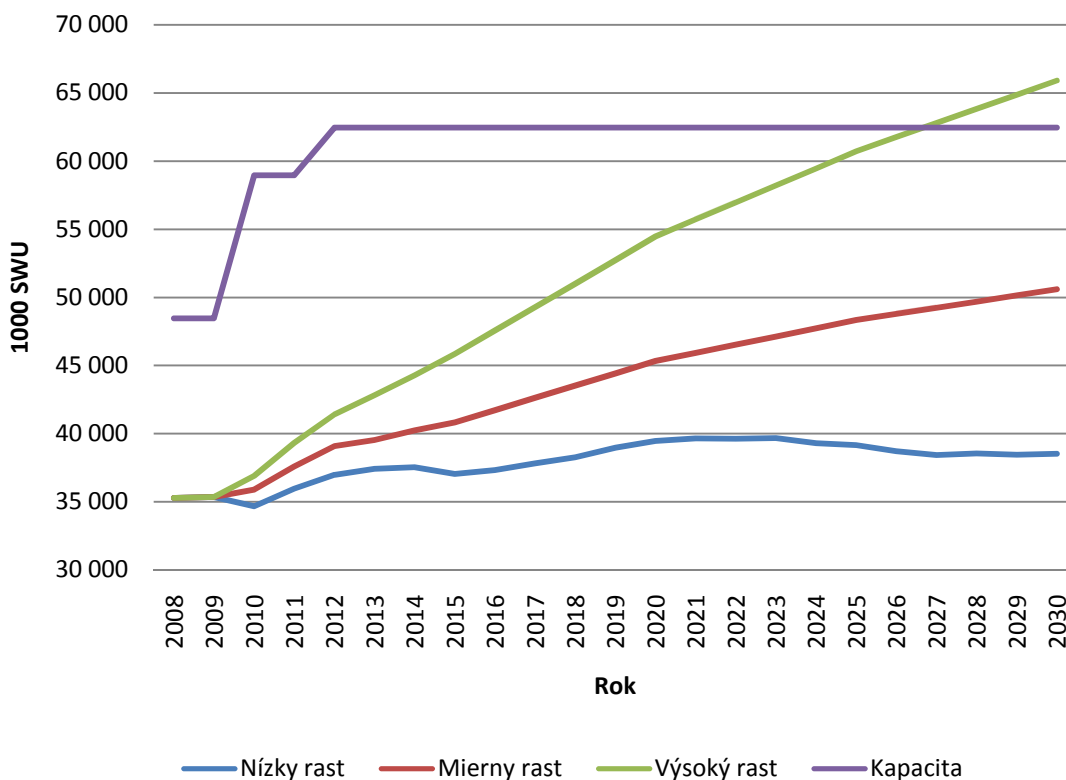


Zdroj: Vlastné odhady na základe údajov z databázy reaktorov (http://db.world-nuclear.org/reference/reactorsdb_index.php) a obohacovacích zariadení (<http://www-nfcis.iaea.org/iNFCISMain.asp?RightP=Navigation>)

Zatiaľ nebol oznámený plán zatvárať zariadenia na báze plynnej difúzie. Ak by k tomu ale došlo, a zariadenia, v súčasnosti vo výstavbe a v pláne, by boli využité ako náhrada za odstavené centrifúgy, dopyt po obohacovaní uránu by v roku 2016

prekročil ponuku v scenári Vysoký rast a v roku 2025 v scenári mierny rast. Scenár Nízky rast si vystačí aj so súčasnou kapacitou na obohatenie uránu. V závislosti na vývoji dopytu, teda môže vzniknúť potreba na výstavbu nových zariadení na obohacovanie uránu.

Graf 11: Porovnanie dopytu s rastom obohacovacích kapacít



Zdroj: Vlastné odhady na základe údajov z databázy reaktorov (http://db.world-nuclear.org/reference/reactorsdb_index.php) a obohacovacích zariadení (<http://www-nfcis.iaea.org/iNFCISMain.asp?RightP=Navigation>)

Ak sa prevádzkovatelia rozhodnú neodstaviť centrifúgy a udržiavať po niekoľko rokov nadbytočnú kapacitu, bude kapacita na obohacovanie vysoko prevyšovať odhad dopytu podľa scenárov Nízky rast a Mierny rast. Dopyt podľa scenáru Vysoký rast bude táto kapacita schopná pokryť do roku 2026.

6. Výroba jadrové palivo

Poslednou fázou pri výrobe jadrového paliva je jeho úprava do formy použiteľnej v jadrovom reaktore. Vo svetovom meradle existujú štyria veľký výrobcovia, ktorý spolu pokrývajú 84% trhu: Areva (34%), Westinghouse (24%), GNF (16%), TVEL (10%). Ich súhrnná výrobná kapacita predstavuje približne 21 750 obohateného uránu vo forme paliva ročne. Súčasná spotreba jadrového paliva predstavuje približne 7 710 ton obohateného uránu vo forme paliva ročne. Existuje tu teda prebytočné kapacity o hodnote 14 040 ton uránu ročne. Najvyššiu spotrebu jadrového paliva predpovedáme na rok 2030 v scenári Vysoký rast. Jej hodnota je 14 403 ton obohateného uránu vo forme paliva, čo sú približne dve tretiny so súčasnej výrobnéj kapacity. Ak nedôjde k dramatickému poklesu výrobných kapacít mali by tie súčasne s veľkou rezervou vystačiť po celé uvažované obdobie.

7. Záver

Do budúca predpokladáme rast inštalovanej kapacity a následne aj rast dopytu po jadrovom palive. Do roku 2030 vzrastie dopyt po prírodnom uráne o 9% až 88%. Šírka intervalu je spôsobená množstvom neistôt a faktorov, ktoré môžu ovplyvniť budúci vývoj.

V súčasnosti objavené množstvo zásob prírodného uránu je dostatočné, aby pokrylo tento nárast spotreby. Rovnako existujú aj plány na zodpovedajúce navýšenie ťažby. V uvažovanom období teda nepredpokladáme výrazne výpadky v dodávkach uránu.

V oblasti spracovania uránu do podoby paliva v súčasnosti existujú prebytočné kapacity, ktoré budú v krátkom období stačiť na pokrytie predpokladaného rastu spotreby. Ak dôjde k vyššiemu ako k najnižšiemu predpovedanému rastu bude v strednom a dlhom období nevyhnutné navýšiť kapacity zamerané na obohacovanie uránu. Na výrobu samotného paliva v súčasnosti existujú dostatočné kapacity a nie je potrebné ich ďalšie navrhovanie do roku 2030.

Zoznam použitej literatúry a prameňov

- Marek, Jiří, (2000): Jaderná energie, Praha: ČEZ.
- Goldstick, Miles (1990): Slovníček jaderných pojmů Praha: EkoWatt.
- Uranium 2005: Resources, Production and Demand (2006), Paríž: OECD Publishing
- Uranium 2007: Resources, Production and Demand (2008), Paríž: OECD Publishing
- <http://www.wise-uranium.org/efac.html>
- <http://www.wise-uranium.org/nfcm.html>
- <http://www-nfcis.iaea.org/iNFCISMain.asp?RightP=Navigation>
- <http://data.un.org/Browse.aspx?d=EDATA>
- http://www.iiasa.ac.at/cgi-bin/ecs/book_dyn/bookcnt.py
- <http://www.uic.com>
- <http://www.uxc.com>
- <http://www.uranium.info>
- <http://www.world-nuclear.org>
- <http://www.iaea.org>
- http://www.cameco.com/investor_relations/ux_history/historical_ux.php
- http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1104_scr.pdf
- [http://www.parliament.nsw.gov.au/prod/parlment/publications.nsf/0/6244078db0ac5ec1ca2571bf001b85f2/\\$FILE/Uranium%20and%20Nuclear%20Power%202006%20and%20INDEX.pdf](http://www.parliament.nsw.gov.au/prod/parlment/publications.nsf/0/6244078db0ac5ec1ca2571bf001b85f2/$FILE/Uranium%20and%20Nuclear%20Power%202006%20and%20INDEX.pdf)
- http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1033_prn.pdf
- http://db.world-nuclear.org/reference/reactorsdb_index.php

Prílohy

Príloha 1: Ťažba uránu v rokoch 2002 – 2007

Krajina	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Kanada	11607	10455	11 597	11 628	9 862	9 850
Austrália	6854	7573	8 982	9 512	7593	7 600
Kazachstan	2826	3327	3 719	4 346	5 281	7 245
Namíbia	2333	2037	3 038	3 146	3 067	3 800
Nigéria	3080	3157	3 185	3 322	3 443	3 633
Rusko	2850	3073	3 290	3 285	3 190	3 381
Uzbekistan	1859	1603	2 087	2 300	2 260	2 300
USA	902	769	943	1 171	1 805	2 000
Ukrajina	800	800	855	830	808	900
Čína	730	730	730	750	750	750
Južná Afrika	828	763	747	673	534	750
Brazília	272	230	159	110	200	340
Česká republika	465	452	412	409	375	309
India	230	230	230	230	230	270
Rumunsko	90	90	90	90	90	90
Nemecko	221	150	77	94	65	45
Pakistan	38	40	38	40	40	40
Irán	0	0	0	0	5	20
Maďarsko	10	4	2	3	2	3
Francúzsko	18	9	6	4	3	2
Spolu	36 013	35 492	40 187	41 943	39 603	43 328

Zdroj: *Uranium 2007: Resources, Production and Demand (2008)*, Paríž: OECD Publishing

Príloha 2: Zásoby IdR

Krajina	< USD 40/kgU	<USD 80/kgU	< USD 130/kgU
Austrália	1 196 000	1 216 000	1 243 000
Kazachstan	517 300	751 600	817 300
Rusko	83 600	495 400	545 600
Južná Afrika	234 700	343 200	435 100
Kanada	352 400	423 200	423 200
USA	NA	99 000	339 000
Brazília	139 600	231 000	278 400
Namíbia	116 400	230 300	275 000
Nigéria	34 200	75 200	274 000
Ukrajina	34 100	184 100	199 500
Jordánsko	111 800	111 800	111 800
Uzbekistan	86 200	86 200	111 000
India	NA	NA	72 900
Čína	39 300	61 900	67 900
Mongolsko	16 300	62 000	62 000
Dánsko	0	0	32 300
Alžírsko	NA	19 500	19 500
Argentína	7 100	11 000	12 000
Stredoafrická republika	NA	6 000	12 000
Francúzsko	0	0	11 700
Malawi	NA	9 600	11 600
Španielsko	0	2 500	11 300
Švédsko	0	0	10 000
Somálsko	0	0	7 600
Turecko	0	7 300	7 300
Portugalsko	0	5 700	7 200
Nemecko	0	0	7 000
Grécko	1 000	7 000	7 000
Rumunsko	0	0	6 700
Japonsko	0	0	6 600
Vietnam	NA	800	6 400
Taliansko	NA	4 800	6 100
Gabon	0	0	5 800
Indonézia	0	300	5 800
Slovinsko	0	3 300	5 500
Peru	0	2 900	2 900
Kongo	NA	2 700	2 700
Mexiko	0	0	1 800
Irán	0	0	1 600
Čile	NA	NA	1 500
Zimbabwe	NA	1 400	1 400

Fínsko	0	0	1 100
Česká republika	0	700	700
Spolu	2 970 000	4 456 400	5 468 800

Zdroj: Uranium 2007: Resources, Production and Demand (2008), Paříž: OECD Publishing

Príloha 3: Zásoby RAR

Krajina	< USD 40/kgU	<USD 80/kgU	< USD 130/kgU
Austrália	709 000	714 000	725 000
Kazachstan	235 500	344 200	378 100
USA	NA	99 000	339 000
Kanada	270 100	329 200	329 200
Južná Afrika	114 900	205 900	284 400
Nigéria	21 300	44 300	243 100
Namíbia	56 000	145 100	176 400
Rusko	47 500	172 400	172 400
Brazília	139 600	157 400	157 400
Ukrajina	27 400	126 500	135 000
Uzbekistán	55 200	55 200	72 400
India	NA	NA	48 900
Čína	31 800	44 300	48 800
Mongolsko	8 000	46 200	46 200
Jordánsko	44 000	44 000	44 000
Dánsko	0	0	20 300
Alžírsko	NA	19 500	19 500
Stredoafrická republika	NA	6 000	12 000
Malawi	NA	9 600	11 600
Argentína	5 100	9 000	9 000
Turecko	0	7 300	7 300
Japonsko	0	0	6 600
Portugalsko	0	4 500	6 000
Somálsko	0	0	5 000
Španielsko	0	2 500	4 900
Gabon	0	0	4 800
Taliansko	NA	4 800	4 800
Indonézia	0	300	4 600
Švédsko	0	0	4 000
Rumunsko	0	0	3 100
Nemecko	0	0	3 000
Kongo	NA	1 400	1 400
Peru	0	1 400	1 400
Zimbabwe	NA	1 400	1 400
Mexiko	0	0	1 300
Fínsko	0	0	1 100
Grécko	1 000	1 000	1 000
Slovinsko	0	1 000	1 000
Vietnam	NA	NA	1 000
Čile	NA	NA	800
Česká republika	0	600	600

Irán	0	0	500
Spolu	1 766 400	2 598 000	3 338 300

Zdroj: Uranium 2007: Resources, Production and Demand (2008), Paříž: OECD Publishing

Príloha 4: Zásoby IR

Krajina	< USD 40/kgU	<USD 80/kgU	< USD 130/kgU
Austrália	487 000	502 000	518000
Kazachstan	281 800	407 400	439 200
Rusko	36 100	323 000	373 300
Južná Afrika	119 800	137 300	150 700
Brazília	0	73 600	121000
Namíbia	60 400	85 200	98 600
Kanada	82 300	94 000	94 000
Jordánsko	67 800	67 800	67 800
Ukrajina	6 700	57 600	64 500
Uzbekistán	31 000	31 000	38 600
Nigéria	12 900	30 900	30 900
India	NA	NA	24 000
Čína	7 500	17 600	19 100
Mongolsko	8 300	15 800	15 800
Dánsko	0	0	12 000
Francúzsko	0	0	11 700
Španielsko	0	0	6 400
Grécko	NA	6 000	6 000
Švédsko	0	0	6 000
Vietnam	NA	800	5 400
Slovinsko	0	2 300	4 500
Nemecko	0	0	4 000
Rumunsko	0	0	3 600
Argentína	2 000	2 000	3000
Somálsko	0	0	2 600
Peru	NA	1 500	1 500
Kongo	NA	1 300	1 300
Taliansko	0	0	1 300
Indonézia	0	0	1 200
Portugalsko	0	1 200	1 200
Irán	0	0	1 100
Gabon	0	0	1 000
Čile	NA	NA	700
Mexiko	0	0	500
Česká republika	0	100	100
Spolu	1 203 600	1 858 400	2 130 600

Zdroj: Uranium 2007: Resources, Production and Demand (2008), Paríž: OECD Publishing

Príloha 5: Zásoby UR

Krajina	PR		SR	
	USD 80/kgU	< USD 130/kgU	< USD 130/kgU	Neznáma cena
USA	839	1 273	858	482
Brazília	300	300	NA	500
Kazachstan	280	300	500	NA
Rusko	277	277	714	0
Kanada	50	150	700	0
Južná Afrika	35	110	NA	1 113
Uzbekistan	56	85	0	135
Jordánsko	68	85	85	NA
India	NA	51	NA	17
Nigéria	15	25	NA	NA
Ukrajina	8	23	120	135
Maďarsko	0	18	NA	NA
Kolumbia	NA	11	217	0
Vietnam	0	8	100	130
Peru	7	7	20	0
Grécko	6	6	0	0
Irán	0	4	12	NA
Čína	4	4	4	0
Mexiko	NA	3	NA	10
Rumunsko	NA	3	3	0
Čile	NA	2	NA	3
Portugalsko	1	2	NA	0
Slovinsko	0	1	NA	NA
Argentína	1	1	NA	NA
Bulharsko	0	0	NA	NA
Česká republika	0	0	0	179
Venezuela	0	0	0	163
Dánsko	0	0	50	10
Nemecko	0	0	0	74
Mongolsko	0	0	1 390	NA
Spolu	1 946	2 747	4 773	2 951

Zdroj: Uranium 2007: Resources, Production and Demand (2008), Paríž: OECD Publishing

Príloha 6: Dopyt v scenári Nízky rast

rok	2008	2011	2014	2017	2020	2023	2026	2029	2030
Inštalovaná kapacita (MW)	303 425	309 231	322 904	325 358	339 391	341 245	333 008	330 661	331 271
Výroba (GWh)	2 658 000	2 708 866	2 828 643	2 850 138	2 973 063	2 989 308	2 917 154	2 896 595	2 901 935
Spotreba prírodného uránu (t)	65 789	67 048	70 012	70 544	73 587	73 989	72 203	71 694	71 827
Obohatenie (1000 SWU)	35 287	35 962	37 553	37 838	39 470	39 685	38 728	38 455	38 526
Spotreba obohateného uránu (t)	7 788	7 937	8 288	8 351	8 711	8 758	8 547	8 487	8 502
Spotreba uránu vo forme paliva (t)	7 710	7 857	8 205	8 267	8 624	8 671	8 462	8 402	8 417

Zdroj: Vlastné odhady na základe údajov z databázy reaktorov (http://db.world-nuclear.org/reference/reactorsdb_index.php)

Príloha 7: Dopyt v scenári Mierny rast

rok	2008	2011	2014	2017	2020	2023	2026	2029	2030
Inštalovaná kapacita (MW)	303 425	323 196	346 011	366 572	389 875	405 341	419 570	431 245	435 155
Výroba (GWh)	2 658 000	2 831 200	3 031 059	3 211 170	3 415 305	3 550 784	3 675 433	3 777 703	3 811 961
Spotreba prírodného uránu (t)	65 789	70 076	75 022	79 480	84 533	87 886	90 972	93 503	94 351
Obohatenie (1000 SWU)	35 287	37 586	40 240	42 631	45 341	47 140	48 794	50 152	50 607
Spotreba obohateného uránu (t)	7 788	8 295	8 881	9 408	10 006	10 403	10 769	11 068	11 169
Spotreba uránu vo forme paliva (t)	7 710	8 212	8 792	9 314	9 906	10 299	10 661	10 958	11 057

Zdroj: Vlastné odhady na základe údajov z databázy reaktorov (http://db.world-nuclear.org/reference/reactorsdb_index.php)

Príloha 8: Dopyt v scenári Vysoký rast

rok	2008	2011	2014	2017	2020	2023	2026	2028	2030
Inštalovaná kapacita (MW)	303 425	338 173	380 778	423 816	468 477	500 539	531 027	548 780	566 831
Výroba (GWh)	2 658 000	2 962 393	3 335 617	3 712 627	4 103 855	4 384 718	4 651 796	4 807 313	4 965 442
Spotreba prírodného uránu (t)	65 789	73 323	82 561	91 892	101 576	108 527	115 138	118 987	122 901
Obohatenie (1000 SWU)	35 287	39 328	44 283	49 288	54 482	58 211	61 756	63 821	65 920
Spotreba obohateného uránu (t)	7 788	8 679	9 773	10 878	12 024	12 847	13 629	14 085	14 548
Spotreba uránu vo forme paliva (t)	7 710	8 593	9 675	10 769	11 904	12 718	13 493	13 944	14 403

Zdroj: Vlastné odhady na základe údajov z databázy reaktorov (http://db.world-nuclear.org/reference/reactorsdb_index.php)



Akademický rok 2007/2008

TEZE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student:	Jaroslav Mihok
Obor:	Ekonomie
Konzultant:	Ing. Pavel Řežábek

Garant studijního programu Vám dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a Studijního a zkušebního řádu UK v Praze určuje následující bakalářskou práci

Předpokládaný název BP:

Budúci vývoj trhu s jadrovým palivom

Charakteristika tématu, současný stav poznání, případné zvláštní metody zpracování tématu:

Práce by sa mala zaoberať prognózovaním vývoja trhu s jadrovým palivom. Na celom svete existuje dlhodobý trend rastu spotreby energie a do budúcnosti sa predpokladá ešte väčší nárast dopytu po energii. Zároveň však existujú tlaky na znižovanie emisií skleníkových plynov, ktoré budú pôsobiť na obmedzenie výroby energie z fosílnych palív. Spolu s inými možnosťami sa ako riešenie ponúka nárast využívania jadrovej energie.

Nárast využívania jadrovej energie zvýši dopyt po jadrovom palive a spôsobí tiež zvýšenie investícií do výstavby nových zariadení na jeho výrobu. Súčasne sa pomaly vyčerpá jeden z jeho významných zdrojov: vyradené jadrové zbrane. Samotný urán z ktorého sa jadrové palivo vyrába je nerastnou surovinou a jeho zásoby sú teda obmedzené.

Všetky spomenuté faktory budú vyvolávať zdražovanie jadrového paliva a uránu. Táto práca si kladie za cieľ podrobne analyzovať ich dopad na trh s jadrovým palivom.

Struktura BP:

1. Úvod
 - 1.1. Stručný opis výroby jadrového paliva
2. Predpokladaný vývoj dopytu po jadrovom palive
3. Ťažba
 - 3.1. Popis súčasného stavu
 - 3.2. Očakávaný vývoj
 - 3.3. Dopad na cenu surového uránu
4. Spracovanie
 - 4.1. Popis súčasného stavu
 - 4.2. Očakávaný vývoj
 - 4.3. Dopad na cenu obohateného uránu
5. Výroba paliva
 - 5.1. Popis súčasného stavu
 - 5.2. Očakávaný vývoj
 - 5.3. Dopad na cenu jadrového paliva

Seznam základních pramenů a odborné literatury:

Nessim, Hanna, (1997), Pricing : zásady a postupy tvorby cen, Praha : Management Press.
Marek, Jiří, (2000), Jaderná energie, Praha: ČEZ.
<http://www.uic.com>
<http://www.uxc.com/>
<http://www.uranium.info/>
<http://www.world-nuclear.org>
<http://www.iaea.org>

Datum zadání:	Červen 2007
Termín odevzdání:	červen 2008

Podpisy konzultanta a studenta:

V Praze dne 2. 6. 2007