

# Čisté prostory v průmyslu a zdravotnictví

## Clean rooms in industry and health service

Ing. Vladimír FÖRSTER,  
Ing. Vladimír VAYHEL  
Zkušební laboratoř LABOX spol.  
s r.o.

Recenzent  
MUDR. Ariana Lajčíková, CSc.

Článek uvádí stav normalizace čistých prostorů se zaměřením na jejich validaci. Dále popisuje jednotlivé testy, které jsou nutné před a při uvádění čistých prostorů do provozu. Na základě zkušeností s validací čistých prostorů zmiňuje nedostatky při řešení čistých prostorů jak v projektové, tak v realizační části a jejich vliv na kvalitu čistého prostoru.  
Klíčová slova: kvalifikace, validace, čisté prostory, legislativa, provoz

The article deals with the state of clean rooms standardisation with orientation on their validation. Further it describes the individual tests that have to be carried out before and in the course of putting the clean rooms into operation. Based on the experience of clean rooms validation the article mentions the faults made in the course of clean rooms solution both at the designing and implementing parts and their impact on the clean rooms quality.  
**Key words:** qualification, validation, clean spaces, legislation, operation

### JAK ŠEL ČAS

Technika čistých prostorů, jako komplex technického řešení vnitřního prostředí budov, je spojena s různorodými oblastmi průmyslu a široce zasahuje i do dalších oblastí. V průmyslu se čisté prostory uplatňují při výrobě polovodičových součástek, superčistých chemických sloučenin, přesné mechaniky a hydrauliky, přesné optiky, kompaktních disků, přesných nástrojů, filmů, léčiv atd.

Vysoké nároky na čistotu prostředí klade i oblast zdravotnictví, zvláště v operačních sálech určených pro náročné operace, jako jsou transplantace, operace na srdci a kloubech, operace cév, neurochirurgické operace, a dále v odděleních intenzivní péče.

Samostatnou oblastí jsou laboratoře různých typů od mikrobiologických po laboratoře pro práci s toxickými látkami a biologicky nebezpečným materiálem.

Nejdelší zkušenosti s čistými prostory jsou v USA, které jako první začaly s budováním čistých prostorů a také zpracováním normativních podkladů pro techniku čistých prostorů [1]. Proto se také norma FS 209 A a její revidované verze B a D a E staly vzorem pro většinu ostatních národních norem a směrnic, zejména v kvalifikaci čistých prostorů a v požadavcích na jejich technické parametry.

Vzhledem k tomu, že jednou z důležitých činností pro techniku čistých prostorů je kvalifikace čistých prostorů jak po montáži, tak i za provozu byly i tyto činnosti normalizovány a převzaty do legislativy prakticky všech zemích, které provozují čistým prostory.

Do roku 1999 byly v ČR k dispozici pouze (nepočítáme-li nevyhovující normy ČSN 12 5310 [7], ČSN 12 5311 [2] a typizační směrnice zpracované firmou "Zdravoprojekt" pro zdravotnická zařízení) závazné předpisy týkající se navrhování a provozování a zkoušení čistých prostorů pro výrobu léčiv [3], [4].

V jiných oblastech použití čistých prostorů se praxe řídila pouze dohodami mezi odběratelem a dodavatelem čistých prostorů. Vzhledem k chybějící legislativě a normalizačnímu vakuu se celá problematika redukovala obvykle na provedení čistých prostorů a maximálně na běžnou přejímku obvyklou u klimatizačních zařízení. Čisté prostory nebyly prakticky kvalifikovány, pokud se v řetězci objednatel – dodavatel – schvalující orgán neobjevil informovaný element, který si alespoň redukovanou kvalifikaci na dodavateli vymohl. Bylo to hlavně proto, že odběratelé nebyli o problematice dobře informováni, a dodavatelé, kromě jině-

ho, neměli zájem zvyšovat své náklady o náklady na kvalifikaci a vystavovat se dobrovolně riziku nevyhovujících výsledků.

I když byla do soustavy našich norem převzata norma ČSN EN ISO 14644 [5], která napravně nevyhovující stav v oblasti předpisů a norem pro čisté prostory, výše uvedený stav stále převládá.

Pro získání komplexních informací o stavu čistého prostoru jsou nutné, jak pro provozovatele (odběratele), tak i případné schvalovací orgány, kompletní testy a měření zahrnující všechny důležité aspekty a parametry čistého prostoru.

### KVALIFIKACE

V ISO 14644-4:2000 jsou uvedeny testy, které se mají dělat před a při uvedení čistého prostoru do provozu. Podle obsahu a časové fáze se dělí na

- Kvalifikaci projektu (Design qualification), která se uskutečňuje ve fázi dokončení projektu.
- Instalační kvalifikaci (Installation qualification), která se dělá po dokončení montáže.
- Funkční kvalifikace (Funkcional qualification), často nazývaná operační kvalifikace, která je součástí uvedení kompletně dokončené instalace zařízení do provozu, bez chodu instalované technologie a přítomnosti provozního personálu.
- Procesní kvalifikace (Process qualification) která se dělá za provozu zařízení, včetně provozu instalované technologie a přítomnosti provozního personálu.

Detailní popis výše uvedených kvalifikací, včetně výčtu zkoušek a měření potřebných pro každou fázi kvalifikace je specifikován ve výše uvedené normě a dalších materiálech.

Pro informaci je v tab. 1 uvedeno 14 testů parametrů charakterizujících čistý prostor a závislost testů na typu čistého prostoru a fázi, ve které se nachází výstavba.

Typy čistých prostorů jsou charakterizovány typem proudění vzduchu a jsou následující čisté prostory:

- s jednosměrným prouděním (označované jako laminární proudění), ve kterých vzduch proudí jedním směrem v obecně rovnoběžných proudech, jedná se o zóny s laminárním prouděním, které jsou součástí místností čistých prostorů nebo samostatné laminární boxy a izolátory všech typů;

- ❑ s nejednosměrným prouděním (je známé též jako turbulentní proudění), ve kterých vzduch proudí v nerovnoběžných proudech s různým směrem pohybu;
- ❑ s prouděním smíšeným, které obsahují části (pásma) s oběma typy proudění vzduchu.

Podle fáze se čisté prostory dělí na čisté prostory

- ❑ stavebně dokončené, které jsou připravené k montáži technologie a mají funkční všechny rozvody medií;
- ❑ s technologií v klidu, tj. čisté prostory s nainstalovanou technologií v klidu bez obslužného personálu;
- ❑ v provozu, tj. čisté prostory s technologií v provozu za přítomnosti obslužného personálu.

*Poznámka:* Procesní kvalifikace obvykle obsahuje ve farmacii a zdravotnictví i mikrobiologické testy neuvedené v tab. 1.

## POPIS TESTŮ

Pro rychlou orientaci v metodách je dále uveden stručný popis testů obsažených v tab. 1.

- 1. Rychlost a uniformita** (rovnoměrnost) jednosměrného proudění vzduchu se určují na počátku pracovní zóny v rovině kolmé na směr proudění vzduchu. Z naměřených hodnot rychlostí se vypočte aritmetický průměr a stanoví se počet naměřených hodnot rychlostí, které jsou mimo rozsah  $\pm 20\%$  od vypočtené střední rychlosti. U správně navrženého prostoru s jednosměrným prouděním leží všechny naměřené hodnoty v rozsahu  $\pm 20\%$  od vypočtené střední rychlosti. Maximální a minimální střední rychlost a procento bodů ležících v rozsahu  $\pm 20\%$  od střední rychlosti je dáno dohodou mezi dodavatelem a odběratelem.
- 2. Defektoskopická kontrola** slouží k potvrzení správné instalace vysoce účinných filtračních vložek a dále k vyhledání defektů ve filtračním materiálu filtračních vložek, ke kterým mohlo dojít v průběhu dopravy a montáže. Při zkoušce se do vzduchu před zkoušené filtrační vložky přivede zkušební aerosol o potřebné koncentraci (podle použitého měřicího přístroje) a defekty se vyhledávají rastrováním výstupní strany filtračních vložek sondou měřicího přístroje.
- 3. Rovnoběžnost proudění** v pracovní zóně se ověřuje u prostoru s jednosměrným prouděním. Účelem testu je ověření schopnosti jednosměrného proudění omezit rozptýlení interně generovaných částic. Proudnice vycházející z bodu ve vstupní rovině pracovní zóny se zobrazí kouřem, generovaným izokinetickým a izotermickým generátorem. Odklon zobrazené proudnice od ideální přímky se měří ve výstupní rovině pracovní zóny. Vyhodnocení je odchylka do  $14^\circ$  od ideální přímky.
- 4. Testem regenerace** se stanovuje rychlost obnovení čistoty v čistém prostoru po jeho kontaminaci. Kontaminace (znečištění) čistého prostoru se při testu simuluje kouřem nebo jiným umělým aerosolem z izokinetického a izotermického generátoru. Zkušební kouř se vypouští v místě přívodu vzduchu do prostoru a sleduje se doba, za kterou poklesne koncentrace částic ve vzduchu, odváděném z prostoru, na hodnotu pozadí změřenou před začátkem testu.
- 5. Počet částic** ve vzduchu čistého prostoru se měří pro potvrzení požadované úrovně čistoty vzduchu (třídy čistoty, jakostní třídy) čistého prostoru (tab. 2 až 4). Částice se měří ve zvolených nebo stanovených kontrolních bodech počítacím čítačem částic. Určení počtu a umístění měřicích bodů závisí na ploše a třídě čistoty prostoru a rozmístění technologie v prostoru. Koncentrace částic se stanovuje pro velikost částic  $0,5 \mu\text{m}$  a větších (pokud není dohodnuto jinak). Kromě toho se měří koncentrace částic velikosti  $5,0 \mu\text{m}$  a větších u čistých prostorů s požadovanou třídou čistoty 1000 a vyšší a některého z rozměrů částic  $0,1; 0,2$  a  $0,3 \mu\text{m}$  u čistých prostorů s třídou čistoty I00 a nižší – viz tab. 2 a 3. Naměřené koncentrace se statisticky hodnotí podle FS 209 E nebo ISO 14644-1. Čistý prostor splňuje kritéria pro třídu čistoty, pokud průměrná hodnota koncentrace částic v každém měřicím bodu je nižší nebo rovna limitu požadované třídy čistoty a střední hodnota těchto průměrů je nižší nebo rovna limitu požadované třídy čistoty s pravděpodobností 95 % (na základě Studentova rozdělení).

Tab. 1 – Doporučené testy podle typu čistého prostoru

Číslo	Test	Proudění		
		rovnoběžné	nerovnoběžné	smíšené
1	Průtočné množství vzduchu & rovnoměrnost	1,2,3	1,2,3	1,2,3
2	Rychlost proudění vzduchu & rovnoměrnost	1,2,3	OPT	OPT
3	Těsnost filtru	1,2	1,2	1,2
4	Počet částic	1,2,3	1,2,3	1,2,3
5	Přetlak	1,2,3	1,2,3	1,2,3
6	Rovnoběžnost proudění	1,2	NE	OPT (jen 1,2)
7	Integrita	1,2,3	1,2	1,2
8	Regenerace	NE	1,2	1,2
9	Spad částic	1,2,3	1,2,3	1,2,3
10	Osvětlení	1,OPT (2,3)	1,OPT (2,3)	1,OPT (2,3)
11	Hluk	1,2,3	1,2,3	1,2,3
12	Rovnoměrnost teploty	1,2,3	1,2,3	1,2,3
13	Rovnoměrnost vlhkosti	OPT	OPT	OPT
14	Vibrace	OPT	OPT	OPT

*Pozn.:* NE - není v této situaci použitelné  
 Test je vhodný pro stavebně dokončený čistý prostor - instalační kvalifikace.  
 1 - test je vhodný pro technologicky vybavený čistý prostor - operační kvalifikace.  
 2 - test je vhodný pro provozovaný čistý prostor rekvalifikace - procesní kvalifikace.  
 OPT - test je volitelný.

**6. Testem spadu částic** se ověřuje, zda se v čistém prostoru nenacházejí velké částice (nedetekované počítacím čítačem částic) uvolňované např. z konstrukcí. Při testu se zachycuje spad na vhodný podklad. Vyhodnocení vzorku spadu je možné buď mikroskopicky, nebo automatickým analyzátozem.

**7. Dopliřková defektoskopie** čistého prostoru se používá k vyhledání míst průniku nefiltrovaného vzduchu z okolního prostředí do čistého prostoru přes konstrukční spoje pláště nebo praskliny pláště a ke kontrole kontaminace otevřenými dveřmi nebo manipulačními otvory.

**8. Přetlak**, respektive tlaková diference se měří na hranici všech zón s rozdílnou třídou čistoty a okolím.

**9. Měření 10 až 14**, uvedená v tab., jsou jasná z názvu a není třeba je podrobněji charakterizovat.

**10. Závěrem** je třeba zdůraznit, že výše uvedená měření je nutno pravidelně opakovat (doporučený interval je 6 až 12 měsíců), aby bylo zajištěno udržení projektované úrovně čistoty vzduchu v čistém prostoru a zajištěna požadovaná jakost, resp. zdravotní nezávadnost výsledného produktu.

Vzhledem k opakování kontrol je nutné zajistit reprodukovatelnost měření, tj. měřit podle jednotných postupů a kalibrovanými přístroji.

Jak vyplývá z předcházejícího popisu měření, mohou takové výsledky zaručit jen specializované firmy, vlastníci potřebné přístrojové vybavení a kvalifikovaný personál, schopné dokladovat kalibračními protokoly reprodukovatelnost svých měření.

Tab. 2 – Třídy čistoty čistých prostorů dle ČSN EN ISO 14644-1

Označení tříd čistoty podle ISO	Maximální počet částic v 1 m <sup>3</sup> vzduchu podle velikosti v $\mu\text{m}$					
	$\geq 0,1$	$\geq 0,2$	$\geq 0,3$	$\geq 0,5$	$\geq 1,0$	$\geq 5,0$
ISO Class 1	10	2				
ISO Class 2	100	24	10	4		
ISO Class 3	1000	237	102	35	8	
ISO Class 4	10 000	2370	1020	352	83	
ISO Class 5	100 000	23 700	10 200	3520	832	29
ISO Class 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8320	293
ISO Class 7				352 000	83 200	2930
ISO Class 8				3 520 000	832 000	29 300
ISO Class 9				35 200 000	8 320 000	293 000

## PRAXE

Akreditovaná laboratoř LABOX spol. s r.o. měřila v letech 1998 až 2003 řadu čistých prostor (operační či procesní kvalifikace). Více než 95 % měření se uskutečnilo v čistých prostorech určených pro výrobu léčiv. Ačkoliv se ve výše

Tab. 3 – Třídy čistoty čistých prostorů dle FS 209 E

Označení tříd čistoty podle		Maximální počet částic v 1 m <sup>3</sup> vzduchu podle velikosti v μm				
SI	US	≥ 0,1	≥ 0,2	≥ 0,3	≥ 0,5	≥ 5,0
M1		350	75,7	30,9	10	-
M1,5	1	1 240	265	106	11	-
M2		3 500	757	309	100	-
M2,5	10	12 400	2 650	1 060	353	-
M3		35 000	7 570	3 090	1 000	-
M3,5	100	-	26 500	10 600	3 530	-
M4		-	75 700	30 900	10 000	-
		-	-	-	-	247
M4,5	1000	-	-	-	35 300	-
		-	-	-	-	618
M5		-	-	-	100 000	-
		-	-	-	-	2 470
M5,5	10 000	-	-	-	353 000	-
		-	-	-	-	6 180
M6		-	-	-	1 000 000	-
		-	-	-	-	24 700
M6,5	100 000	-	-	-	3 530 000	-
		-	-	-	-	61 800
M7		-	-	-	10 000 000	-

Tab. 4 – Jakostní třída čistých prostorů pro výrobu sterilních léčiv dle VYR 7/SÚKL

Jakostní třída	Maximální přípustný počet částic rovný nebo větší v 1 m <sup>3</sup> vzduchu			
	Za klidu		Za provozu	
	částice velikosti		částice velikosti	
	0,5 μm	5,0 μm	0,5 μm	5,0 μm
A	3 500	0	3 500	0
B	3 500	0	350 000	2 000
C	350 000	2 000	3 500 000	20 000
D	3 500 000	20 000	nedefinováno	nedefinováno

uvedené době budovaly prakticky ve všech nemocnicích nové operační sály a jejich zázemí, které jsou koncipovány jako čisté prostory, měřilo se v těchto čistých prostorech pouze sporadicky. I přes nízký počet posloužila tato měření jako rozsáhlý zdroj příkladů chybných řešení čistých prostorů od fáze projektu, přes fázi výběru dodavatele, až po realizaci a uvedení do provozu.

V další části tohoto článku rozebereme nejrozšířenější chyby jichž se dodavatelé čistých prostor pro zdravotnictví dopouštějí.

Na základě analýzy údajů získaných při kvalifikačních měřeních lze konstatovat, že většina chyb je založena již v nevyhovujícím projektovém řešení čistého prostoru. V dalším textu jsou uvedeny hlavní chyby jichž se projektanti při projektování čistých prostor dopouštějí.

Prakticky v žádném projektu, který jsme měli při měření k dispozici, nebyly uvedeny základní parametry čistých prostor, kromě odkazu na třídu čistoty. Parametry čistého prostoru, jako je tlakový obrazec prostoru (tlakové poměry vůči okolí a vzájemně vůči sobě), přiřazení tříd čistoty jednotlivým místnostem čistého prostoru dle jejich funkce, rychlosti proudění v zónách s rovnoběžným prouděním, rychlosti regenerace místností atd. nebyly uvedeny prakticky nikdy. Na základě takto zpracovaného projektu, který investor odsouhlasí, je možno vybudovat prakticky jakýkoliv nevyhovující čistý prostor, aniž by bylo možno jej u projektanta reklamovat.

Při projektování čistých prostor projektovou kancelář, která není na čisté prostory specializována, je obvyklé, že stavební část čistého prostoru, vzducho-

techniku čistého prostoru a technologii čistého prostoru zpracovávají projektanti, kteří spolu příliš nekomunikují a obvykle nemají příliš znalostí specifických řešení pro čisté prostory. V důsledku toho jsou pro čisté prostory navrhovány netěsné stavební konstrukce, zejména stropů a dveří, netěsné přírodní vzduchovody (řešené pro běžnou klimatizaci), a někdy i nevhodná technologická zařízení.

Zásadním nedostatkem projektových řešení čistých prostor je dále nevhodné řešení proudění vzduchu v čistých prostorech. Zejména ve zdravotnických zařízeních (vyjma operačních sálů) jsou navrhovány přírodní a odvodní výústky ve stropu místností, takže místo systému zaplávání pracovní zóny čistým vzduchem a odváděním kontaminovaného vzduchu z této zóny je tímto řešením dosaženo roznášení kontaminace po celém prostoru.

Další chybou projektů vzduchotechniky čistých prostor je umístění regulačních prvků vzduchotechniky do meziprostoru nad těsný podhled čistého prostoru. Takový čistý prostor je možné zaregulovat (zejména jeho tlakové poměry) jen velmi obtížně.

Další rozsáhlou škálou chyb, kterými jsou schopny zcela znehodnotit i dobře provedené projektové řešení, přidávají dodavatelské organizace při výstavbě a montáži čistých prostor. Hlavní chyby dodavatelů jsou popsány dále.

Nejzávažnějším prohřeškem je záměna prvků uvedených v projektu díly levnějšími, obvykle s nižšími užitnými vlastnostmi.

Dalším prohřeškem je nekvalitní montáž, neodpovídající požadavkům čistých prostor. Zejména se jedná o montáž vzduchotechnického potrubí a koncových prvků vzduchotechniky.

Při montáži vzduchotechnického potrubí není obvykle dodržen technologický postup pro montáž těsného vzduchotechnického potrubí (pro čisté prostory je požadována třída těsnosti III nebo i IV) [6].

Koncové prvky vzduchotechniky jsou obvykle namontovány tak, že čisté nástavce a odvodní výústky nejsou utěsněny ke konstrukci podhledu. Často dochází i k poškození instalovaných vysocoúčinných filtračních vložek při jejich montáži (jedním z nejčastějších bylo poškození filtračního media tlakem ruky na něj při instalaci filtračních vložek) nebo k jejich chybné montáži.

Tlakový obrazec čistého prostoru není většinou dodavatel schopen zaregulovat (pokud jím není firma specializovaná na čisté prostory). Obvykle zareguluje pouze vzduchový výkon na přívodu a odvodu podle projektu. Prakticky ve 100 % případů je na základě takového zaregulování výsledkem nevyhovující tlakový obrazec prostoru a dosti často, v závislosti na kvalitě použitých přístrojů a metodiky měření vzduchových výkonů, i zcela obrácený průběh tlaků (místo přetlaku je v prostoru podtlak).

Pokud se před předáním čistého prostoru uživateli nestanoví jednotlivé kvalifikace (viz výše), zůstane většina těchto vad čistých prostor, kromě vad vizuálních, neodstraněna a má za důsledek zcela nevyhovující čistý prostor jak je popsáno dále.

Pokud jsou netěsné přírodní rozvody vzduchotechniky a netěsná konstrukce stropu, a integrovaných osvětlovacích těles, dochází k nekontrolovanému pronikání vzduchu z podhledu do klimatizovaných prostor. Vzhledem k tomu, že se jedná o vzduch, který neprošel přes třetí stupeň filtrace (HEPA či ULPA filtry), mohou se na částicích unášených vzduchem dostávat do prostoru i bakterie a viry.

Analogické následky mají poškozené nebo špatně upnuté vysoce účinné filtrační vložky. Jejich integrita se ověřuje defektoskopickou zkouškou. Výsledek této zkoušky může být ovlivněn netěsným stropem a nedostatečným utěsně-

ním filtračního nástavce do konstrukce stropu. Tyto nedostatky spolu s netěsností přívodního potrubí zapříčiňují vnikání aerosolu do podhledu a následně netěsnostmi do větraných místností. Tím dochází ke zvýšení koncentrace škodlivin v pozadí měřených prostor a jejich následnému přisávání do měřeného prostoru filtračního nástavce.

Netěsné konstrukce vedou dále k tomu, že není možné dosáhnout v čistých prostorech dostatečného přetlaku či zaregulovat tlakový obrazec prostoru. Důsledkem toho je, že není zajištěna dostatečná stabilita vnitřního prostředí, která je narušována při každém otevření dveří a pohybu personálu.

Pokud je při zaregulování tlakového obrazce nutno stáhnout odvod vzduchu z čistého prostoru na minimum, dochází dále k nedostatečnému promývání čistého prostoru a doba regenerace prostoru se neúměrně prodlužuje. Ztráta upraveného vzduchu má dále vliv na energetickou bilanci systému vzducho-techniky čistého prostoru.

Konečným důsledkem všech výše uvedených chyb a nedostatků je zhoršení kvality místností čistého prostoru. Obvykle nedojde k překročení stanoveného limitu, ale hodnoty počtu částic v měřeném objemu se pohybují výše, než by byly u dobře navrženého a dodaného čistého prostoru. S tím samozřejmě vzrůstá pravděpodobnost případné kontaminace.

*Spojení na autory: Zkušební laboratoř LABOX spol. s r.o. Počernická 25, 100 00 Praha 10, akreditovaná ČIA a registrovaná pod číslem 1313. info@labox.cz, tel: 281 012 550, www.labox.cz*

**Použité zdroje:**

- [1] Federal Standard 209E – Airborne Particulate Cleanliness Classes in Cleanrooms and Clean Zones
- [2] ČSN 12 5311 – Čisté boxy a čisté kabiny s laminárním prouděním vzduchu. Typy a základní technické požadavky, srpen 1984
- [3] VYR 7 – Čisté prostory, Věstník SÚKL 06/1997
- [4] VYR 19 – Kvalifikace a validace, Věstník SÚKL 11/2001
- [5] ČSN EN ISO 14644-1 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí, Část 1 Klasifikace čistoty vzduchu, leden 2001
- [6] PK 12 0036a – Metoda měření těsnosti vzduchovodů a třídy těsnosti, duben 1990
- [7] ČSN 12 5310 – Čisté místnosti a čistá pracovní místa s kontrolovaným bezprašným prostředím. Názvosloví a definice. Klasifikace tříd čistoty, srpen 1984.
- [8] ČSN EN ISO 14644-2 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí, Část 2 Specifikace pro testování a monitorování pro zajištění kontinuálního souladu s ČSN EN ISO 14644-1, leden 2001
- [9] ČSN EN ISO 14644-4 Čisté prostory a příslušné řízené prostředí, Část 4 Návrh, konstrukce a uvádění do provozu, leden 2002. ■

**\* Hygienická bezpečnost temelínské elektrárny**

Jednou z nejdůležitějších činností v jaderné elektrárně je monitorování parametrů okolí. Hodnoty vypouštěných látek (stroncium, tritium, jódu, aerosolů, korozních a štěpných produktů) jsou sledovány v okruhu 20 km od Temelína. Tyto látky se sledují v elektrárně na vyústění ventilačních komínů a ve vyústění do vodních toků. V okolí se odebírají k pravidelné kontrole vzorky pitné a podzemní vody, ovzduší, polétavého prachu, prašného spadu, půdy, zemědělských a lesních produktů.

Je dokázáno, že množství vypouštěného radioaktivního tritia do vodní nádrže Kořensko je v průměru 120 Bq/l, přičemž přípustné množství pro nádrže s pitnou vodou je 700 Bq/l. V žádných sledováních nebylo dosaženo stanovených limitních koncentrací monitorovaných škodlivin.

*Zpráva MZČR k monitoringu vlivů JETE na zevní okolí. (Laj)*

**\* Jaderná elektrárna Temelín**

Jaderná elektrárna Temelín vyrostla 25 km severně od Českých Budějovic. Má dva výrobní bloky o výkonu 2 x 981 MW. Součástí výstavby jaderné elektrárny je vybudování vodních děl Hněvkovice a Kořensko, které také vyrábějí elektrickou energii. Přínosem je zlepšení kvality vody ve Vltavě čistírnami vody v Českém Krumlově a v Českých Budějovicích. Jadernou elektrárnu je možno na objednání navštívit a seznámit se s principem výroby energie, se základy reaktorové fyziky a bezpečnosti. Informační středisko je vybaveno i tzv. mlžnou komorou, která umožňuje pozorovat různé typy ionizujícího záření.

*Bulletin Informačního střediska JETE (Laj)*

**\* Radioaktivní záření**

Všechno živé na Zemi je od nepaměti vystaveno záření z přírodních zdrojů ze čtyř hlavních oblastí. Z kosmu, ze zemské kůry, ze vzduchu a z potravin. Každá cesta letadlem či do hor znamená větší ozáření. Zemská kůra obsahuje různé koncentrace radioaktivních prvků, jako uran, radium, thorium. Ty mohou být obsaženy ve stavebních materiálech, v uhlí, ropě apod. Rozpadem radia vzniká plyn radon, který se může hro-

matit v utěsněných budovách. Navíc jsme ozáření z člověkem vytvořených zdrojů – monitory, svíticích ciferníky, spad po zkouškách jaderných zbraní, lékařské aplikace (rentgen, radioizotopy, aj.).

Jednotlivé složky se na celkové dávce ozáření člověka podílejí takto:

Kosmické záření	8 %
Radon	44 %
Záření zemské kůry	10 %
Konzumace potravin	21 %
Lékařské aplikace	16 %
Ostatní malé zdroje	1 %
Jaderná energetika	0,01 %

*Informace SÚJB (Laj)*

**\* ČEZ, a.s.**

ČEZ je elektrárnská společnost, jejímž předmětem podnikání je výroba, přenos, prodej, tranzit, dovoz a vývoz elektřiny a také výroba, rozvod a prodej tepla. Je jedním z největších výrobců elektrické energie v ČR, ročně vyrábí asi 65 % z celkové výroby elektřiny. Vlastní a provozuje 24 elektráren o celkovém výkonu více jak 10 tis. MW. Z toho je 10 uhelných, 15 vodních (téměř všechny na Vltavě), 1 větrná a 2 atomové – Dukovany (4 x 440 MW) a Temelín. V uhelných elektrárnách je instalováno 60 % celkového výkonu elektráren ČEZ. Výsledkem rozsáhlého ekologického programu je podstatné snížení zátěže ovzduší České republiky oxidem siřičitým, oxidy dusíku a popílčkem.

*Bulletin informačního střediska JETE (Laj)*

**\* Víte, že**

k získání 1 kg jaderného paliva, které nahradí až 100 tun kvalitního černého uhlí, jsou třeba jen 2 až 4 tuny uranové rudy? Ekonomicky těžitelná ruda obsahuje asi 0,1 % uranu. Přírodní uran obsahuje jen 0,7 % štěpitelného izotopu U-235. Zbytek, tj. více než 99 %, tvoří neštěpitelný izotop U-238, který nedovedou dnešní reaktory využít.

*Informační bulletin ČEZ (Laj)*