

Kdo se bojí radiace?

Stanislav Kočvara*, VF, a.s. Černá Hora

ÚVOD

Od počátků lidského rodu platí, že máme strach především z neznámého. Lidé měli v minulosti strach z ohně, blesku, zatmění Slunce a dalších přírodních jevů, kterých se dnes už příliš nebojíme, protože jsme je dokázali poznat, využít a pochopit, že jsou součástí našeho každodenního života.

Neskromným cílem tohoto článku je napomoci tomu, aby se jeho čtenáři dověděli něco více o radiaci, dokázali ji pochopit a uvědomili si, že je součástí našeho každodenního života.

CO JE RADIACE?

Encyklopedie <http://www.CoJeCo.cz>: *Radiace je šíření energie prostorem. Mechanické šíření energie je možné pouze v hmotném prostředí. Záření elektromagnetické a záření korpuskulární se šíří i vakuem. Prostor ovlivňuje jeho rychlost. V moderní fyzice jsou korpuskulární a vlnové záření dva ekvivalentní modely téhož jevu.*

Z výše uvedené definice vyplývá, že radiace je velmi široký pojem. Namísto *radiace* bychom také mohli použít český termín *záření*. Existuje tepelné záření, které se k nám šíří například od hořícího ohně, mikrovlnné záření, které nám zajistí během 2 minut teplou večeři, dále třeba optické záření, ať už je ze Slunce, žárovky nebo displeje mobilního telefonu, a různé další druhy záření. Pro čtenáře tohoto článku, učitele a studenty středních škol, zcela jistě známé pojmy.

Záření, o kterém si řekneme něco více, je **radioaktivní záření** a také kosmické a rentgenové záření. Tato se souhrnně označují jako **ionizující záření**.

V přírodě se vyskytují nuklidy (atomy s přesně definovaným počtem protonů a neutronů v jádře), které se přeměňují na jiné nuklidy. Tento jev lze také vyvolat uměle a nazývá se **radioaktivita**, přičemž ty nuklidy, které mají schopnost se přeměňovat na jiné, se nazývají **radionuklidy**. Při těchto přeměnách dochází k uvolňování radioaktivního záření. Díky tomu byla také radioaktivita v roce 1896 objevena Henrim Becquerelem. Ten pozoroval soli uranu, které vysílaly do té doby neznámé záření, které způsobilo zčernání fotografické emulze. Pierre a Marie Curie, kteří navázali na jeho výzkumy, nazvali tento jev radioaktivitou.

V první polovině našeho století byl tento jev intenzivně studován. Na konci třicátých let O. Hahn a F. Strassmann publikovali výsledky experimentů s ozařováním těžkých jader neutrony, což byl základ pro první řízenou štěpnou jadernou reakci provedenou Enricem Fermim v roce 1942 ve Spojených státech. Poté už se vývoj ubíral dvěma směry vedoucími na jedné straně k výrobě jaderných zbraní a na straně druhé k mírovému využití jaderné energie. Meče i zde předešly pluhu. První jaderná puma byla použita Spojenými státy v roce 1945 a první komerční jaderná elektrárna byla uvedena do provozu v roce 1954 v Sovětském svazu.

* stanislav.kocvara@vf.cz

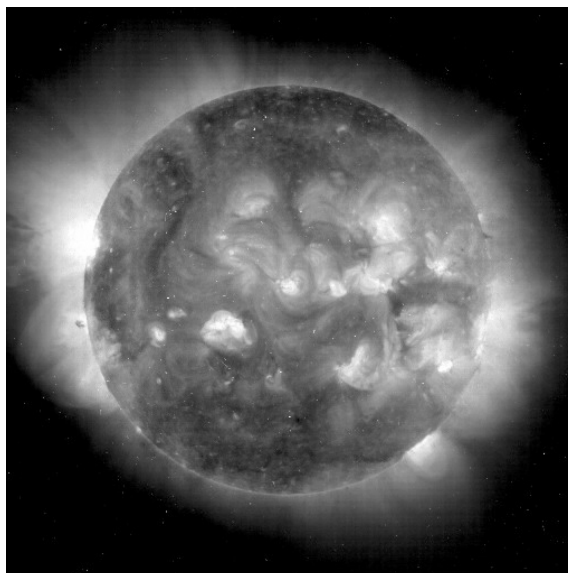
ZDROJE ZÁŘENÍ

Zdroje ionizujícího záření je možné rozdělit na dvě hlavní skupiny: přirozené, se kterými žili lidé před 3 000 lety stejně tak jako dnes, a umělé, které vznikají jako důsledek lidské činnosti.

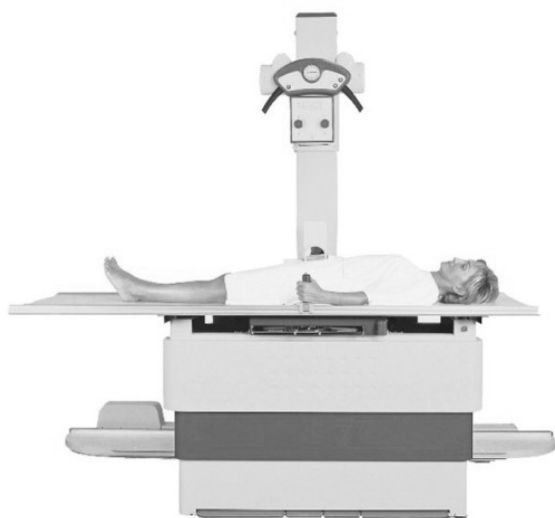
Přirozené

Některé přirozené radionuklidy nacházející se na Zemi vznikly dříve než naše sluneční soustava. Vedle nich existují přirozené radionuklidy „obnovitelné“, například tritium a uhlík 14, které vznikají neustále v atmosféře působením kosmického záření. Hlavními zdroji záření ve volné přírodě, které tvoří takzvané přirozené radiační pozadí, jsou:

- kosmické záření, které k nám přichází ze vzdálených galaxií i z „blízkého“ Slunce,
- radon obsažený v půdě a produkty jeho přeměny, které v plynné formě prostupují z podloží do našich domovů,
- další přírodní radionuklidy, které se vyskytují ve všem kolem nás, v půdě a také v našem vlastním těle.



Obrázek 1 Sluneční záření



Obrázek 2 Rentgenový přístroj

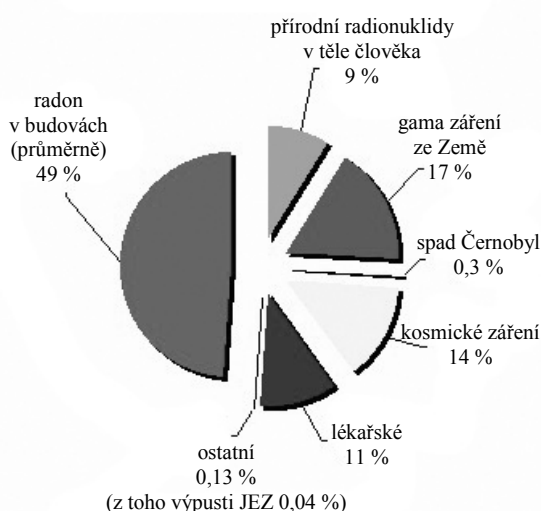
Umělé

Hlavní umělé zdroje ozáření obyvatelstva, ty, které ovlivňuje člověk svojí činností, jsou:

- lékařské aplikace, jako radiodiagnostika (všeobecně známé rentgenové snímky) a radioterapie (známé především v souvislosti s léčbou rakoviny ozařováním).
- těžební průmysl,
- jaderné testy a jaderná energetika (výroba energie v jaderných elektrárnách).

Jako nejzajímavější otázka se v tuto chvíli jeví: **Jaký je podíl umělých zdrojů ozáření obyvatelstva v České Republice vůči přirozeným zdrojům?**

Pro posouzení vlivu na člověka se používá tzv. efektivní dávka, jejíž jednotkou je sievert (Sv). Tato veličina souvisí s energií, kterou předá ionizující záření v těle člověka, a zohledňuje také různou škodlivost různých druhů záření a různou odolnost různých lidských orgánů vůči záření. Průměrná dávka z ozáření z přírodních zdrojů pro člověka činí v ČR přibližně 3,5 mSv/rok. Průměrné ozáření z umělých zdrojů je o něco více než 0,3 mSv/rok.

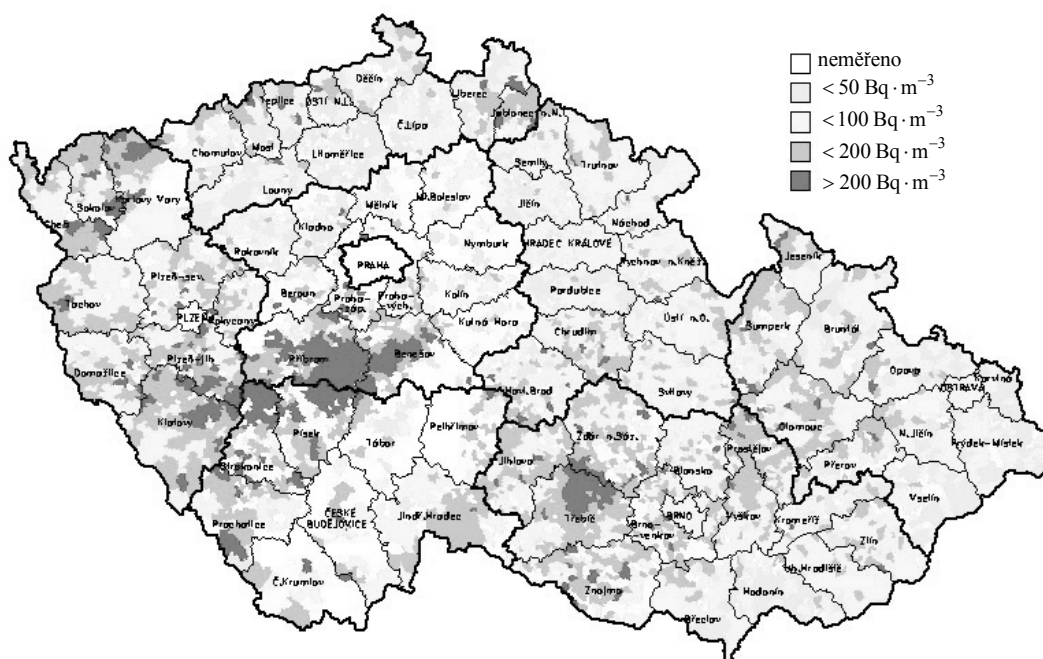


Obrázek 3 Rozdělení dávek; (zdroj Státní úřad radiační ochrany ČR)

Z grafu vyplývá několik důležitých a zajímavých skutečností. Podíl umělých zdrojů ozáření obyvatel je přibližně 12 %. Ovšem z toho celých 11 % pochází z lékařského ozáření, především z rentgenového snímkování. Tedy z toho ozáření, které se děje a je všeobecně přijímáno na základě principu, že jeho přínos je výrazně vyšší než jeho potenciálně škodlivé účinky.

Pouze necelé 1 % ozáření obyvatelstva vzniká v důsledku dalších lidských činností, mimo jiné jako důsledek testů jaderných zbraní a v mnohem menší míře také někdy tak obávaného využívání jaderné energie pro výrobu elektřiny.

Mezi přirozenými zdroji ozáření vyniká radon. Tomuto zdroji ozáření je v poslední době věnována velká pozornost. V České republice byla zavedena povinnost měřit před vydáním stavebního povolení tzv. radonový index pozemku, určující potenciální riziko pro dům postavený na takovém pozemku, a také povinnost měřit radon v postaveném objektu před kolaudací.



Obrázek 4 Mapa průměrných hodnot výskytu radonu v obcích ČR

Obecně lze říci, že příspěvek umělých zdrojů navyšuje přirozené každodenní ozáření velmi málo. Jeho vliv je výrazně nižší než například regionální rozdíly. Například v ČR existují oblasti, kde je přirozené ozáření (především z radonu) několikrát vyšší než je průměr. Existují oblasti na světě, kde je přirozené ozáření až 10krát nebo i 100krát vyšší, než je běžné v České Republice, tedy v řádu desítek mSv/rok.

Dovolená na některých oblíbených brazilských plážích přispěje k našemu ozáření řádově více, než například stanování v areálu jaderné elektrárny Dukovany v těsném sousedství skladu vyhořelého paliva.

Pro srovnání, limity stanovené Státním úřadem pro jadernou bezpečnost pro zajištění zdraví obyvatelstva stanovují, že celková dávka z umělých zdrojů může být maximálně 1 mSv/rok. Do těchto limitů se nezapočítávají přirozené zdroje ani lékařské ozáření. Pro zajišťovatelnost lze také uvést, že možné škodlivé účinky na člověka lze prokázat až v oblastech dávek 100krát vyšších, než jsou limity pro obyvatelstvo. Pro vyvolání nemoci z ozáření, kterou známe z filmů o Hirošimě a Nagasaki nebo ze zpráv o černobylské havárii, je třeba ozáření dávkami větších jak 1 Sv, tedy 1000krát větších, než jsou stanoveny limity pro zajištění zdraví. Z toho je zřejmé, že přístup k radiační ochraně v ČR i ve světě je velmi konzervativní a opatrný, především co se týče umělých zdrojů ozáření.

OCHRANA PŘED ZÁŘENÍM

Lidské tělo je určité úrovni záření přivyklé a odolné. Existují i teorie říkající, že ionizující záření je v oblasti malých dávek lidskému zdraví prospěšné. To, před čím je třeba se chránit, je významně vyšší ozáření, než je běžné v každodenním životě.

Jsou tři základní způsoby ochrany před zářením:

- ochrana časem,
- ochrana vzdáleností,
- ochrana stíněním.

Ochrana časem

Čím méně času jsme vystaveni nějakému záření, tím méně jsme celkově ozáření. To je jednoduchá přímá úměra. Pokud absolvujeme dvě stejná zubní rentgenová vyšetření, jedno bude trvat 0,2 s a druhé 0,4 s, pak jsme ve druhém případě obdrželi dvojnásobnou dávku.

V praxi se to například na jaderné elektrárně projevuje tak, že si pracovníci předem natrénují některé nestandardní činnosti tak, aby je při práci naostro v prostředí, kde je zvýšená radiace, zvládli za co nejkratší možnou dobu.

Ochrana vzdáleností

Pokud jsme ve dvojnásobné vzdálenosti od zdroje záření, je naše ozáření 4krát menší. Proto je ochrana vzdáleností velmi důležitá.

V praxi se tento princip uplatňuje například tím, že pracovníci používají různé pinzety, manipulátory a nástavce pro manipulování a přemísťování zdrojů ionizujícího záření.

Ochrana stíněním

Ochrana stíněním je nejsložitější a liší se hodně podle druhu záření. Mezi zdroj záření a chráněnou osobu vložíme vrstvu, která část energie ionizujícího záření pohltí.

To, že existují různé druhy radioaktivního záření označované jako α , β a γ , je poměrně dobře známé. Všichni také víme o existenci dalšího druhu ionizujícího záření, záření rentgenového.

Záření alfa:

Záření alfa je tvořeno částicemi alfa, což není nic jiného než jádra helia se dvěma neutrony a dvěma protony bez elektronového obalu. Původní prvek se tedy při přeměně alfa mění na jiný, který má o dva protony méně.

Záření alfa má velmi malý dolet, jako stínící materiál slouží i samotný okolní vzduch a spolehlivě je zachytí pouhý list papíru.

Záření beta:

Jedná se o elektrony (β^-) nebo pozitrony (β^+), které byly uvolněny z jádra. Například při nadbytku neutronů v jádře radionuklidu se přemění neutron na proton a z jádra se uvolní elektron. Je to nejrozšířenější typ přeměny a je třeba si uvědomit, že při ní nevzniká jiný prvek. Těmito reakcemi si radionuklidy upravují poměr protonů a neutronů v jádře na stabilnější.

Ani stínění záření beta nepředstavuje závažný problém. Používají se spíše lehčí materiály (aby se minimalizoval vznik sekundárního brzdného rentgenového záření) a za dostatečnou ochranu lze považovat například několikamilimetrový hliníkový plech.

Záření gama:

Je častým průvodním jevem ostatních radioaktivních přeměn. Jedná se o elektromagnetické vlnění o velmi krátkých vlnových délkách a vysokých energiích. Nemění se tedy počet protonů nebo neutronů v jádře, které záření gama emitovalo.

Vzhledem ke své povaze má toto záření největší schopnost pronikat hmotou. Ke stínění se používají těžké materiály, jako například olovo nebo ochuzený uran, anebo silné vrstvy materiálů jako je beton, voda a další.

Záření rentgenové (RTG, X)

Záření rentgenové má stejnou povahu jako záření gama. Liší se tím, že nevzniká v jádře atomu, ale v jeho elektronovém obalu a má obecně menší energii.

Pro ochranu před ním platí stejné principy. Až půjdete příště na celkový rentgenový snímek chrupu, neďte se, že vám bude oblečena speciální ochranná zástěra s límcem z olovnaté gumy za účelem ochrany především štítné žlázy, což je jeden z orgánů více citlivých na záření.



Obrázek 5 Práce se zdroji ionizujícího záření, jako stínění je použita betonová zeď a průzor z olověného skla

MĚŘENÍ ZÁŘENÍ

Ionizující záření je neviditelné a nezachytitelné lidskými smysly. Proto je prvním úkolem při ochraně před ním jeho zjištění a změření pomocí přístrojů. Tyto přístroje využívají různé principy detekce záření, jako jsou vznik volného náboje v látce po průchodu záření, zčernání fotografické emulze a další.

V praxi je možné se setkat hodně s pojmy detektory a dozimetry. **Detektor** je obecný pojem, detektory umožňují určit přítomnost záření a odhadnout jeho intenzitu. Na různé druhy záření existují různé druhy detektorů.

Každý si umí představit, že místem s největším výskytem různých detektorů jsou jaderné elektrárny. Na jaderné elektrárně se měří radiace v pracovním prostředí, v areálu elektrárny, v plyných výpustech z ventilačních komínů, v kapalných výpustech z odpadních kanálů i v okolních vesnicích. Vše za účelem ochrany zdraví pracovníků a obyvatelstva.

Měří se také kontaminace osob a vozidel radioaktivními látkami na výstupu a výjezdu z elektrárny, ale i na vstupu a vjezdu do elektrárny. Paradoxně jsou známé případy, kdy nějaké vozidlo nebo osoba nebyly vpuštěny do elektrárny, protože byly příliš radioaktivní a ne-

splnily velice přísné limity používané na jaderných elektrárnách. Důvodem může být nějaká součástka se zvýšenou radioaktivitou. U osob to může být skutečnost, že v nedávné době absolvovali nějaké lékařské vyšetření na pracovišti nukleární medicíny, při kterém se používají radioaktivní látky aplikované do krevního oběhu, které po čase tělo samy opustí.



Obrázek 6 Rámový detektor pro kontrolu kontaminace nákladních vozidel

Co už není tak známé, je fakt, že pomocí různých detekčních zařízení je monitorovaná prakticky celá planeta. Existují různé národní i nadnárodní sítě detekčních zařízení, provozované různými institucemi za účelem monitorování přirozené radiace, včasného zjišťování případné zvýšené radiace, hlídání dodržování zákazu testů jaderných zbraní a podobně.

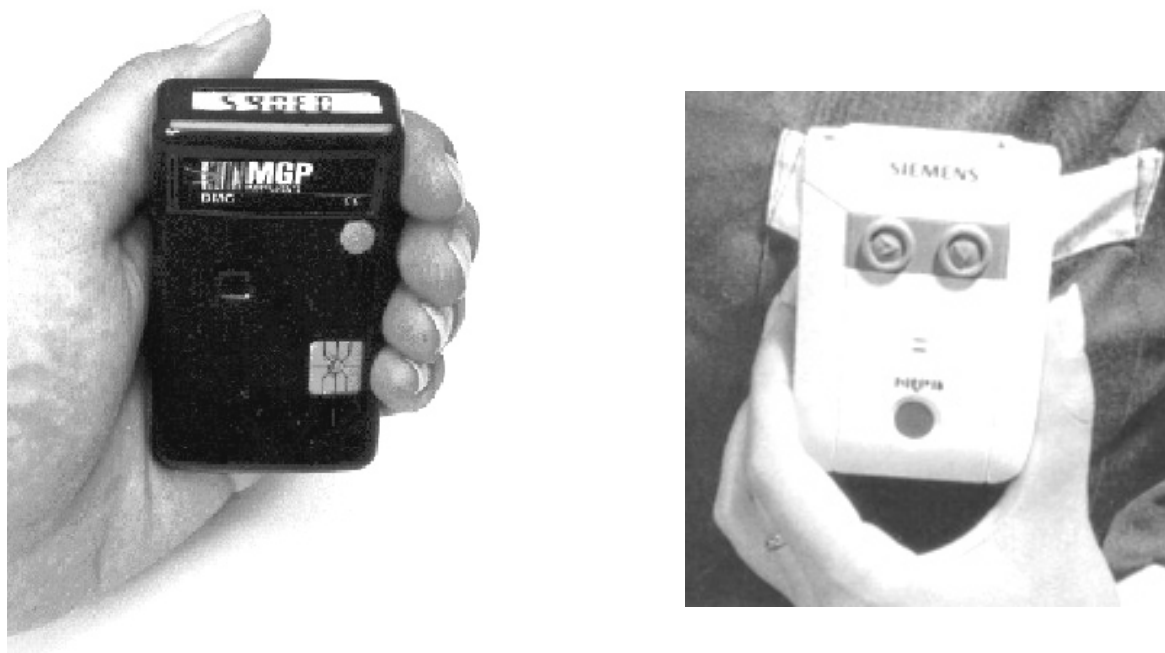
V České Republice provozuje celostátní radiační monitorovací síť Státní úřad radiační ochrany a s výsledky měření je možné se okamžitě seznámit na internetových stránkách <http://www.suro.cz/cz/rms/index.html>.

V okolí jaderných elektráren Dukovany a Temelín navíc existuje systém monitorování radiace provozovaný jadernými elektrárnami samými, ale také například nezávislé systémy provozované českými a rakouskými nezávislými organizacemi, jako jsou Hnutí Duha, Global 2000 a jiné (<http://www.hnutiduha.cz/ramos.html>).

V roce 2000 zavedla brněnská spalovna SAKO monitorování příchozích komunálních odpadů na přítomnost radioaktivních látek. Na vjezdu byly nainstalovány monitory vozidel. Byla uzavřena dohoda se společností VF, a.s. (<http://www.vf.cz>), která zajišťuje rychlý výjezd skupiny za účelem nalezení a bezpečné likvidace zářiče. Výjezdy se uskutečňují na základě hlášení pracovníků spalovny, že monitory na vjezdu ukazují zvýšenou míru radiace. Takových výjezdů se uskuteční přibližně 1–2 za měsíc. Mezi nejčastěji nalezené předměty s mírně zvýšenou radioaktivitou patří staré buzoly a výškoměry, jednorázové hygienické potřeby pacientů, kterým byly aplikovány radioaktivní látky, různé kovové odlitky, požární hlásiče a jiné. Tyto jsou následně odpovídajícím způsobem předány majiteli, anebo řádně uloženy na státních úložištích radioaktivních odpadů provozovaných Správou úložišť radioaktivních odpadů (<http://www.surao.cz>).

Dozimetr je název používaný především pro malé a citlivé přístroje k měření velikosti dávky, tzn. množství energie, kterou záření lidskému tělu předalo. V tomto významu se jedná o tzv. osobní dozimetry. Slouží k ochraně pracovníků, kteří mohou být vystaveni působení io-

nizujícího záření, zaměstnanců jaderných elektráren a dalších jaderných zařízení, lékařů na rentgenologických odděleních, vojáků, hasičů, pracovníků civilní ochrany, horníků, pilotů a podobně. Moderní elektronické osobní dozimetry dokáží okamžitě informovat pracovníka o dávkovém příkonu v prostředí (dávka, kterou obdrží za jednotku času), o celkové dávce, kterou obdržel při práci, a také upozornit automaticky včas na skutečnost, že obdržená dávka se blíží povoleným limitům.



Obrázek 7 Elektronické osobní dozimetry

ZDROJE INFORMACÍ O IONIZUJÍCÍM ZÁŘENÍ

- Státní úřad radiační ochrany:
<http://www.suro.cz/cz/index.html>
- Správa úložišť radioaktivních odpadů; virtuální informační centrum:
http://www.vidivici.cz/surao2/?r=virtualni_informacni_stredisko&Lang=CS
- Článek o radiační ochraně:
<http://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm>
- Článek o havárii v jaderné elektrárně Černobyl:
http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cernobylsk%C3%A1_hav%C3%A1rie
- VF, a.s., český výrobce přístrojů pro měření radiace:
<http://www.vf.cz>