
Recenzovaný článek

Existují reálně globální katastrofická biologická rizika?

Are There Real Global Catastrophic Biological Risks?

Aleš Macela¹, Vanda Boštíková¹

¹ Vojenská lékařská fakulta, Hradec Králové, Univerzita obrany, Brno, Česká republika

Abstrakt: Biologická bezpečnost a biologická obrana (tj. veškerá protiopatření zamezující šíření biologického agens v prostředí a populaci) jsou předmětem běžné agendy států a jejich armád. Poněkud stranou pak stojí problematika globálních katastrofických biologických rizik (Global Catastrophic Biological Risks, GCBR), které jsou schopny destrukce lidského společenství jako biologického druhu. I když se teprve hledá přesná definice toho, co je globální katastrofické biologické riziko, lze říci, že jde o dopad potenciálních globálních katastrofických rizik (Global Catastrophic Risks, GCR) na sociální, ekonomickou a biologickou podstatu lidské existence. Z toho vyplývá, že GCBR jsou podmnožinou GCR. Je možné diskutovat i o tom, zda v případě GCBR musí být rizikem nutně biologické agens, od virů až po člověka, či zda lze za původce rizika přijmout i antropogenní hrozby, případně jaký musí být impakt, aby bylo možné vzniklé riziko zahrnout pod označení GCBR.

Abstract: Biosecurity and biodefence (i.e. all countermeasures preventing the spread of a biological agent in the environment and population) are on the routine agenda of states and their militaries. Somewhat on the sidelines are the Global Catastrophic Biological Risks (GCBRs), which can destroy the human community as a biological species. Although a precise definition of what constitutes a Global Catastrophic Biological Risk is still being sought, it can be said to be the impact of potential Global Catastrophic Risks (GCRs) on the social, economic, and biological fabric of human existence. It follows that GCBRs are a subset of GCRs. It is also open to debate whether, in the case of GCBRs, the risk must necessarily be biological agents, from viruses to humans, or whether anthropogenic threats can also be accepted as risk agents, or what the impact must be for the risk to be included under the GCBR label.

Klíčová slova: biologická agens; biologická bezpečnost; globální katastrofická biologická rizika; populační kolaps.

Keywords: Biological Agents; Biosecurity; Global Catastrophic Biological Risks; Population Collapse.

ÚVOD

Otázka zní, zda se dosah potenciálního globálního katastrofického biologického rizika týká jen existence dané lidské civilizace, nebo zda postihne i biologickou podstatu existence člověka jako biologického druhu. Globální biologická rizika se v průběhu věků celkem periodicky objevovala a určovala do jisté míry kvalitu životních podmínek pro nejrůznější biologické entity. Před objevením se člověka jako biologického druhu *Homo sapiens* na této planetě, ať takovým, či onakým způsobem, existovaly pouze neantropogenní GCR. Mezi ně lze zahrnout například dopady velkých asteroidů, erupce supervulkánů, geomagnetické bouře způsobené výronem koronální hmoty, změny klimatu či posuny litosférických desek (Baum 2023, 2699–2719), včetně působení neantropogenních biofaktorů. S příchodem člověka se začaly uplatňovat i antropogenní GCR včetně GCBR. K nim lze zařadit technologická rizika, rizika vyplývající z politické či sociální správy lidských společenství či globální válku a jaderný holokaust (Scouras 2019, 274–295). Překvapivě přesná je definice antropogenního globálního rizika v citaci dr. Františka Koukolíka, kterou uvádí František Ringo Čech ve své knize *Generace Beatles 2 aneb cestou do krematoria*. GCBR jsou označena jako Darwinova past: „V důsledku mocenské posedlosti a společenské stupidity by lidský druh mohl být prvním druhem, jenž se díky tomu (možná i neúmyslnou chybou, omylem nebo záměrem skupiny politických nebo náboženských fanatiků) vymaže ze života sám, ač měl dost informací k tomu, aby se tak nestalo.“ (Čech 2015, 315). Pokud se budeme zabývat GCBR, je rovněž relevantní otázka, s jakou pravděpodobností se vyskytne globální biologické riziko, které by způsobilo destrukci lidského společenství či ohrozilo člověka jako biologický druh a mohlo být považováno za GCBR.

1 DEFINICE GCR A GCBR

Termín GCR nemá jasnou definici a odkazuje k teoretickému riziku, které by mohlo způsobit „*vážné poškození lidského blahobytu v globálním měřítku*“ (Bostrom a Cirkovic 2008). Přitom se udává, že se jedná o děje či události, které přinášejí „*naprosté zhroutení nebo zkázu v globálním, spíše než lokálním nebo regionálním měřítku*“ (Posner 2006). Z hlediska dopadu na lidskou komunitu a její sociální a ekonomickou podstatu je možné globální katastrofická rizika označit jako rizika existenciální, ohrožující samu podstatu existence člověka, a rizika umožňující jeho přežití, tedy nevyhynutí biologického druhu *Homo sapiens* (Ord 2020). Definice existenciálních rizik není příliš jasná a bývají definována jako „*rizika, která ohrožují zničení dlouhodobého potenciálu lidstva*“ (Cotton-Barratt a Ord 2015). Zahrnují tak širokou škálu rizik, která by způsobila úplné vyhynutí

lidstva, tedy samotná existenciální rizika, a ta, která by lidstvo nevratně vrátilo do primitivní epochy (Bostrom 2009, 308–314; Bostrom 2013, 15–31). Důsledek existenciálních rizik je globální, trvalý a nevratný – vyhynutí recentního člověka jako biologického druhu je konečná fáze vývoje živočichů z čeledi *Hominidae*, rod *Homo*, který má v současné době právě jen jediného žijícího zástupce, a to člověka, tedy biologický druh *Homo sapiens* s poddruhem *Homo sapiens sapiens*, který označuje dnešního člověka moudrého vyspělého. Globální katastrofická rizika však nemusí nutně vést k zániku člověka, existují i taková, která vedou k nenapravitelnému kolapsu nebo neobnovitelné dystopii (Ord 2020).

GCBR mají rovněž velmi širokou pracovní definici. Ta pochází od organizace Johns Hopkins Center for Health Security, Baltimore, MD, USA, která jako GCBR označuje ty události, „při kterých by biologický činitel – ať už přirozeně vznikající, nebo se znovuobjevující, ať záměrně vytvořen a uvolněn, nebo laboratorně zkonstruován a uniklý – mohl vést k náhlé, mimořádné, široce rozšířené katastrofě, která přesahuje kolektivní schopnost kontroly národními vládami, mezinárodními organizacemi a soukromým sektorem. Pokud by GCBR nebyla kontrolována, vedly by k velkému utrpení, ztrátám na životech a trvalému poškození národních vlád, mezinárodních vztahů, ekonomiky obecně, společenské nestabilitě nebo ohrožení globální bezpečnosti.“ (Schoch-Spana, Cicero, Adalja et al. 2017, 323–328). GCBR jako specifický typ GCR by tedy měla zahrnovat být události, které mají potenciál způsobit desítky až stovky milionů úmrtí, změnit dlouhodobou trajektorii vývoje lidstva nebo způsobit zánik lidstva jako celku (Schoch-Spana, Cicero, Adalja et al. 2017, 323–328).

2 ŽIVOT NA ZEMI, GLOBÁLNÍ KATASTROFY A CIVILIZACE

Soudobé názory na vznik života na zemi se opírají o dva základní fenomény, jednak je to teorie evoluce (Darwin 1859), jednak teorie inteligentního designu (Patočka 1992), která v posledním desetiletí minulého století postupně vytlačuje tzv. kreacionismus (Mejsnar 2013). K tomu lze ještě připojit teorii panspermismu, tedy pojetí života, který je rozšířen v celém vesmíru ve formě „kosmozoí“ (Arhenius 1908). Panspermismus však nevysvětluje vznik života jako takového, pouze jeho objevení se na planetě zemi, a není obecně přijímán. Jedním z jeho zastánců byl ale spoluobjevitel struktury DNA Francis Harry Compton Crick (1916–2004). Předpokládá se, že všechny dnešní organismy mají jediného posledního univerzálního společného předka nazývaného LUCA (Last Universal Common Ancestor), který však není prvním organismem za zemi, pouze jeho nejúspěšnějším potomkem (Glansdorff 2000, 177–185).

Předpokládá se, že vznik života mohl být opakovaný proces; život mohl vzniknout několikrát a následně být opakovaně zcela zničen. V souladu s tímto předpokladem je i hromadné vymírání biologických druhů, které se v průběhu geologické historie země periodicky opakovalo. Periodicita opakování byla hypoteticky stanovena několika studiemi na rozmezí od 26 až do 27,5 milionu let (Raup a Sepkoski 1984, 801–805; Melott a Bambach 2014, 177–196; Rampino, Calderien a Zhu 2021, 3084–3090). Z fosilních nálezů je periodické hromadné vymírání biologických druhů zcela průkazné, příčina tohoto jevu je však

nejasná. Obecně se přičítá extraterestriálním vlivům způsobujících GCR, jako jsou dopady asteroidů s následnou impaktní zimou, silné sluneční erupce či výbuch supernovy. Uvažuje se rovněž o vlivu velkých vulkanických erupcí s výronem sopečných plynů (CO_2 , SO_2) jako zdroji biotické katastrofy (Bond a Wignall 2014). Biologická příčina těchto hromadných vymírání se nepředpokládá, protože perioda cyklických hromadných vymírání představuje časový úsek dlouhý desítky milionů let. To však již pravděpodobně neplatí pro vymření většiny dinosaurů (kromě předchůdců ptáků), které proběhlo před zhruba 66 miliony let na přelomu křídy (geologické období druhohory) a paleogénu (třetihory). Počet hypotéz vážících se k vyhynutí dinosaurů přesahuje stovku. Nejcitovanější jsou teorie týkající se dopadu nebeských těles (důkazem má být obrovský impaktní kráter Chicxulub u mexického pobřeží, který vznikl dopadem hypotetického tělesa (asteroidu) o průměru asi 10 až 15 kilometrů (Brusatte, Butler a Barrett 2015, 629–642), výbuchů vulkánů (ta se dokládá tzv. Dekanovou pastí (Schoene, Samperton, Eddy et al. 2015) či změn klimatu a s tím souvisejících změn hladin oceánů v souvislosti se změnami sklonu zemské osy v důsledku dvou pohybů označovaných jako precese a nutace zemské osy. Rovněž pohyby kontinentů v průběhu věků a s tím související biologická hrozba v podobě rozšíření se patogenních mikroorganismů po nových pevninských mostech mezi jednotlivými částmi suché země mohla znamenat významnou biologickou hrozbu. Viry, bakterie a další patogeny tak mohly zahájit pandemii znamenající konec dinosaurů éry (Moodie 1926, 73–77; Bakker 1986). Všechna výše uvedená vymírání biologických druhů, včetně vymření dinosaurů, představují reálná existenciální GCR (v případě dinosaurů snad i GCBR), která v průběhu geologických dob země skutečně existovala a reálně existují dosud.

V případě člověka jako biologického poddruhu *Homo sapiens sapiens* se však takováto GCR či GCBR v průběhu jeho historické existence neobjevila, jisté však je, že jistými katastrofami bylo lidstvo postiženo, protože během jeho prehistorie a historie zmizely celé kulturní epochy, ať se jedná o stavitele megalitických památek, zánik Sumerů nebo Chetitů, či temné období řeckých dějin. V tomto případě působící hrozby, antropogenní či naturogenní, abiotické či biotické, nebyly natolik závažné, aby způsobily nezvratný kolaps člověka jako biologického druhu, uvedly však lidskou civilizaci o krok zpět. Je tedy oprávněné definovat GCR jako hrozby ohrožující sociální, ekonomickou a biologickou podstatu lidské existence.

3 ABIOTICKÉ FAKTORY A GCR

Abiotické faktory, které jsou v literatuře často uváděny jako naturogenní rizika, zahrnují přírodní děje, které mají většinou souvislost s kosmickými či astrálními jevy. Z hlediska existence člověka dosahují kritických hodnot pro zařazení mezi GCR dopady asteroidů nebo komet, supervulkanická erupce, smrtící gama záblesk, přirozená dlouhodobá změna klimatu nebo proměny sluneční aktivity či proměny slunce samotného (Baum 2023, 2699–2719). Environmentální dopady meteoritů, asteroidů nebo komet v průběhu Archeozoika (Archeonu) a dalších geologických obdobích Země měly zásadní vliv na rané formy života; některé formy života byly ovlivněny pozitivně, zatímco jiné čelily zásadním

problémům (Drabon 2024). O opakovaných dopadech nebeských těles na Zemi svědčí obří impakty, jako známý Chicxulub nebo méně známé Vredefort, Sudbury, Popigaj či Manicouagan, které vytvořily dopady pravděpodobně asteroidů v časovém rozsahu dvou miliard až 35 milionů let (Rosa 2024). GCR vyplývající z vulkanické činnosti byla většinou vztahována na erupce s indexem vulkanické aktivity (Volcanic Explosivity Index, VEI) 7 až 8 (Papale a Marzocchi 2019, 1275–1276; Rampino 2002, 562–569). Kritické infrastruktury a sítě jsou však lokalizovány v oblastech, v nichž lze předpokládat vulkanickou aktivitu v rozsahu VEI 3 až 6, takže GCR vzniklé vulkanickou činností má vyšší pravděpodobnost, než se dříve předpokládalo, a je pro něj třeba vytvořit nový scénář (Mani, Tzachor a Cole, 2021). Rovněž gama záblesky a geomagnetické bouře se v různých časových intervalech podílely na GCR a v současné době mají potenciál rušit moderní bezdrátové technologie a zcela vyřadit z funkce kritickou informační infrastrukturu (Blong 2021, 1–17). GCR vyplývající z působení abiotických faktorů jsou tak do různé míry pravděpodobná, je velice obtížné je predikovat a nelze je působením člověka zatím eliminovat. Mezi abiotické faktory lze počítat i další, které ale mohou být ovlivněny i člověkem, tedy člověkem jako biologickým faktorem (viz oddíl 5 Závěrečná diskuse).

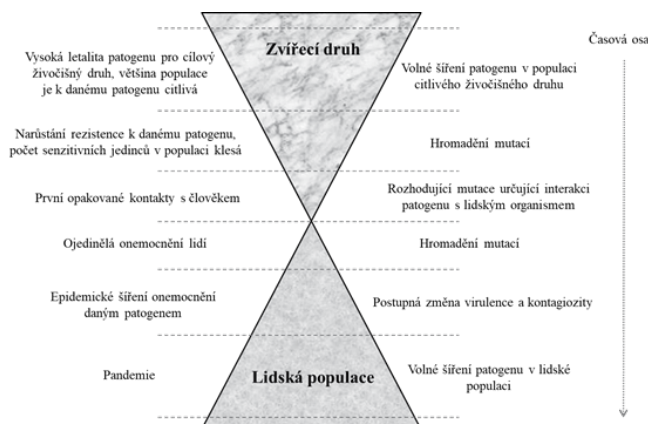
4 BIOLOGICKÉ FAKTORY A GCR

4.1 Mikroorganismy

Biologické faktory představující GCBR jsou většinou spojovány s patogenními mikroorganismy, a to ať mikroorganismy přirozenými, nově či znovu se objevujícími, či člověkem konstruovanými s využitím molekulárně biologických metod. Patogenní mikroorganismy v imunitně naivní populaci jsou skutečnou globální hrozbou. Dá se však konstatovat, že se pouze katastrofické hrozbě blíží. K realizaci hrozby jsou totiž potřeba další podmínky sociální, geopolitické a znalostní, jako existence dopravních cest, obchod, náboženské přesvědčení, pohřební praktiky či úroveň medicíny – to vyplývá již ze samotné podstaty interakcí patogen–hostitel (Barbeschi 2017, 349–350). Prototypem takového GCBR je první velká pandemie bubonického neboli dýmějového moru způsobeného bakterií *Yersinia pestis*, která vypukla za vlády byzantského císaře Justiniána. Vynikla zavlečením patogenu do imunologicky naivní populace. První pandemická vlna, odehrávající se v letech 541 až 544, měla katastrofální dopady na obyvatelstvo i hospodářství, další vlny probíhaly asi ve čtyřletých intervalech až do roku 622. Odhaduje se, že Justiniánův mor měl na svědomí 30 až 50 milionů obětí (Raoult, Mouffok, Bitam et al. 2013, 18–26). Další morová epidemie označovaná jako „černá smrt“ (z počátku roku 1347) je druhou pandemií, která zdevastovala Evropu a podle odhadů zabila asi 30–% tehdejší populace (Cohn 2008, 74–100; Spyrou, Musralina, Gnechi Ruscone et al. 2022, 718–724). Poslední velká pandemie, která představuje téměř GCBR, je tzv. španělská chřipka vyvolaná virem

chřipky typu H1N1. Uvádí se, že způsobila smrt 20 až 100 milionů lidí (Topinka, Molnar, Gardner et al. 2015, 459–465).

Z hlediska GCBR jsou stejně nebezpečné nové a nově se objevující infekce, které by rovněž zasáhly imunologicky naivní populaci. Vznik nových a nově se objevujících infekcí lze zjednodušeně popsat změnou hostitele, který je pro daný druh patogenu senzitivní, viz obrázek č. 1.



Obrázek č. 1: Stručné schéma vzniku nových infekcí

Zdroj: Macela A., Prymula R.

Epidemie SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome), MERS (odborně MERS-CoV, Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus), Ebola (viral hemorrhagic fever Ebola), horečka Zika nebo pandemie covidu-19 způsobená virem SARS-CoV-2, které proběhly na začátku tohoto století, z velké části splňují kritéria pro zařazení do některé z kategorií nově či znovu se vyskytujících onemocnění. Zatím však impakt vyvolaný novými či nově se objevujícími infekcemi nespadá do kategorie GCBR. Jedinou výjimkou by byla diagnóza pravých neštovic (lat. Variola nebo Variola vera), těch neštovic, které byly zavlečeny španělskými kolonizátory do střední a jižní Ameriky (od roku 1520 a následně od roku 1530 decimovaly mexické Aztéky a peruánské Inký tak, že přeživilých bylo dle odhadů pouze 5 až 10 %. Navzdory vymýcení pravých neštovic existují v Ruské federaci a Spojených státech dvě laboratoře, které uchovávají virus varioly, mohou však existovat i jiné tajné zásoby tohoto viru. Pokud by virus varioly unikl či byl záměrně rozšířen, vedl by v dnešní době, kdy byly očkovací programy dávno zrušeny a počet lidí s narušenou imunitou stále stoupá, k ohrožení populace v globálním rozsahu (Meyer, Ehmann, Smith 2020), i když jistě možnosti existují (viz oddíl 5 Závěrečná diskuse).

Poslední skupinou mikroorganismů, kterou je nutné považovat za reálná GCBR, jsou mikroorganismy či další organismy, jejichž genom byl člověkem záměrně pozměněn, tzv. geneticky modifikované organismy, zkráceně GMO. Metody klonování DNA, včetně genové exprese, metody manipulace s genomem a transgenika jsou dnes běžně dostupné řadě aktérů a záleží jen na tom, k jakému účelu jsou metody molekulární biologie použity. Tzv. syntetická biologie (SynBio) je multidisciplinární vědní obor, který se zaměřuje

na živé, v přírodě nalezené systémy a organismy, s cílem je přepřacovat tak, aby představovaly kvalitativně novou biologickou entitu. Zvláště v kombinaci s umělou inteligencí (Artificial Intelligence, AI) se stává velice aktivním zdrojem regulace procesů v živé hmotě, která ovlivňuje její fenotypový profil (Pfenning 2024, 1059–1061). Zneužití manipulace s genomem (mikro)organismů je vysoce nebezpečné a skutečně představuje reálné GCBR.

4.2 Antropogenní biologické hrozby

4.2.1 Populační kolaps

Jedním z reálných GCBR je populační kolaps biologického poddruhu *Homo sapiens sapiens*. Příčin může být celá řada, počínaje nerovnováhou mezi natalitou a mortalitou, převážením regresivního typu věkové struktury populace nebo zhroucením potravních řetězců. Pro biologické druhy je doba jejich existence udávána od 1 do 10 milionů let, pak následuje populační kolaps. Ten je, zjednodušeně řečeno, způsoben náhodnými stresory ekosystému, ve kterém se daný druh nachází (Newman 1997, 235–252; Lawton, May 1995). Pro stabilitu populace je klíčové, aby počet jedinců ve vhodné genderové skladbě neklesl pod kritickou mez. Existují však data naznačující pokles počtu spermií u lidských jedinců. Není však dosud zcela nezvratně prokázáno, zda pokles počtu spermií koreluje se sníženou plodností (Mann et al. 2020, 296–301). Růst světové populace se začal zrychlovat v 17. století, přičemž roční přírůstek populace dosáhl vrcholu v roce 1964 (2,24 %), do roku 2022 pak poklesl na 0,83 %. Různé modely počítají s tím, že by světová populace mohla dosáhnout 9,5 až 10,5 miliardy lidí v roce 2050. Pak by, podle většiny odhadů, měla začít klesat (Anonym 2024; Yirka 2023). Pokud se k redukci lidské populace z důvodů populační ekologie či genetiky přidají další krizové jevy, ať abiotické, či obecně biologické, po jisté době dojde k populačnímu kolapsu.

4.2.2 Zhroucení potravních řetězců

Zhroucení potravních řetězců je opět reálným GCBR, ať způsobeným abiotickými GCR či působením lidí. Do antropogenních GCBR tak spadá hromadné vymírání druhů jako následek střetu lidské civilizace a fungování ekosystémů. Paradoxem je, že lidské bytosti jsou součástí biologické rozmanitosti v globálním ekosystému, nicméně otázkou zůstává, do jaké míry si tuto sounáležitost uvědomují (Dirzo, Cebalos a Ehrlich 2022). Neporušené ekosystémy zaručují funkci potravních řetězců, které se dají definovat jako přesun biologických materiálů a energií z jednoho biologického druhu v řetězci na další biologický druh. Narušení potravních řetězců postupem času způsobí kolaps ekosystému a s tím spojené hromadné vymírání druhů. To se však v kratších či delších intervalech objevuje na planetě zemi opakovaně. Existuje několik scénářů ilustrujících potenciální evoluci po zhroucení systému. Po kolapsu ekosystému a masovém vymírání druhů může nastat (a) celkový pokles a zotavení systému, (b) adaptivní radiace po zániku znamenající celkovou změnu ekosystému, (c) nepřerušovaná kontinuita vývoje určitého druhu nebo (d) tzv. chůze mrtvých „kladů“ (jsou skupiny organismů, o kterých se předpokládá, že se vyvinuly ze

společného předka), kdy tyto skupiny sice přežily vymírání, dostaly se ale v daném společenství druhů do podružné role nebo nakonec vymřely (Jablonski 2001, 5393–5398; MacDougall, Brocklehurst a Fröbisch 2019).

4.2.3 Rozvoj umělé (artificiální) inteligence

Současné století stojí před další hrozbou, kterou si člověk vytvořil sám. Tou je umělá inteligence (AI), která začíná ovlivňovat veškeré lidské konání, od vědy a vývoje, přes ekonomiku, bezpečnost, zdravotní péči až po vliv na sociální prostředí (Diaz-Flores, Meyer a Giorkallos 2022, 23–60; Prafulla, Pal, Chaudhary et al. 2023, 1652–1663; Spelda a Stritecky 2025; Holzinger, Keiblinger, Holub et al. 2023, 16–24; Topol 2019, 44–56; Velázquez 2021). O tom, že se jedná o reálné riziko, svědčí i opatření Evropské unie o digitálních systémech. Pro systémy AI byly vymezeny oblasti, které představují nepřijatelné riziko, a dále oblasti s vysokým i omezeným rizikem (Akt EU 2025). Významným problémem je také zajištění optimální minimalizace rizika vztahující se k nasazeným AI systémům (Spelda a Stritecky 2021). Nepřijatelným rizikem byly označeny systémy, které jsou považovány za hrozbu pro člověka, a budou zakázány. Patří mezi ně např. kognitivní manipulace s chováním lidí nebo specifických zranitelných skupin (např. hlasem aktivované hračky, které podporují nebezpečné chování dětí), přidělování sociálního kreditu (klasifikace lidí na základě chování, socioekonomického statusu, osobních charakteristik) či biometrické identifikační systémy v reálném čase a na dálku (např. rozpoznávání obličeje). Systémů AI, které byly označeny jako systémy představující vysoké riziko, je celá řada a zasahují do mnoha oblastí lidského konání (Akt EU 2025). Příkladem může být „deepfake“ technologie umožňující vytvořit „falešnou realitu“ a tím rozvrátit stupnici životních hodnot na rodinné, sociální i politické úrovni a způsobit chaos. Možnost kontroly vývoje a užití takovýchto technologií je však problematická, ne-li iluzorní.

4.2.4 Dystopie

Dystopie, jinak také antiutopie nebo kakotopie, protiklad utopie, je v elektronických encyklopediích a slovnících uváděna jako vymyšlená či fiktivní společnost prezentovaná hlavně autory žánru science fiction. Ti se zamýšlejí nad takovým uspořádáním vlády či životního stylu, kdy lidstvo dospělo do nenapravitelného stavu a naděje společnosti na zotavení se je mizivá a představuje existenciální katastrofu a kolaps civilizace. Z tohoto pohledu se jedná o typický příklad GCR. Klasickými příklady jsou sci-fi publikace typu *Pán much* (Golding 2010), *451 stupňů Fahrenheita* (Bradbury 2001), *Válka s mloky* (Čapek 2023), *Noc trifidů* (Clark 2008) či zcela klasický dystopický román George Orwella *Devatenáct set osmdesát čtyři* (Orwell 2014). Uvádí se dokonce, že dystopie je horší než zánik (Caplan 2008).

Z vlastní zkušenosti však víme, že éra socialismu ve východní a střední Evropě neměla k dystopii daleko a nebyla science fiction. Podobně je na tom dosud Severní Korea či současné Rusko. Společnost řízená ideologickými nesmysly vede postupně k totalitní formě vlády, omezování osobní svobody a ekonomickému zaostávání. Vzhledem ke globalizaci světa však nenastává čistý ekonomický a společenský kolaps, dochází však k „adaptivní radiaci“ (změně struktury a fungování společnosti). Dystopie má tak všechny atributy GCR.

5 DISKUSE

V prvé řadě je nutno se vrátit k samotným definicím GCR a GCBR. Je otázkou, zda je nutné vůbec biologická rizika explicitně vymezit. Běžně se GCBR asociuje s patogenními nebo v laboratořích nově připravenými patogenními mikroorganismy (Schoch-Spana, Cicero, Adalja et al. 2017, 323–328; Blong 2021). Biologická rizika vyplývají ale i z činnosti člověka jako biologického druhu a v případě zhroucení potravních řetězců i z abiotických příčin. Ty lze charakterizovat jako komplexní systém vlivů na planetární či dokonce univerzální, kosmické úrovni, jehož existence a dynamika se řídí fyzikálními a chemickými zákony, bez jakékoli účasti biologických entit, i když mohou být těmito biologickými entitami indukovány nebo usměrňovány. Podle Wikipedie mezi abiotické faktory náleží podnebí, ovzduší, voda a vlhkost, teplota, světlo, proudění, salinita a koncentrace dalších chemických prvků (Anonym 2021). I tyto abiotické faktory, alespoň některé z nich, mohou být ovlivňovány činností člověka, člověka jako biologické entity. Z tohoto důvodu je skutečně obtížné vymezit GCBR jako samostatnou skupinu hrozeb v rámci GCR.

Je tedy možný alternativní návrh, a to aby GCR byla dělena na dvě skupiny: rizika spojená s abiotickými faktory a rizika spojená s biologickými faktory; obojí lze dále dělit na naturogenní rizika a rizika antropogenní, vyvolaná činností člověka. Jednotlivé skupiny faktorů a vlivů vyvolávajících GCR však nelze striktně oddělovat. Příkladem může být hrozba oteplování planety Země, kdy není zcela jasné, do jaké míry způsobují současné oteplování planety abiotické faktory a do jaké míry faktory biologické, a to naturogenní i antropogenní.

Odkazování na mikroorganismy jako GCBR je dnes rovněž sporné, protože při současných možnostech diagnostiky, možnostech izolace infikovaných osob, současných schopnostech molekulárně biologických a genetických laboratoří přečíst genom patogenu a identifikovat klíčové genové úseky vhodné pro konstrukci vakcín, se impakt biologické krize snad může přibližovat GC(B)R, ale impaktu odpovídajícímu definici GCR stěží dosáhne. To se týká i často uváděných pravých neštovic, kdy i přes dávno ukončené plošné vakcinace si starší populace stále nese jistý stupeň imunity proti tomuto smrtícímu infekčnímu onemocnění. Navíc existují jisté zásoby relativně bezpečných vakcín, které lze v případě ataku pravých neštovic cíleně použít (cdc.gov, 2024). Z tohoto důvodu by bylo racionální odlišovat globální hrozby (GR) typu pandemie covidu-19 vyvolané virem SARS-CoV-2 a skutečné katastrofální hrozby odpovídající vyvolání úmrtí stovek milionů lidí a ohrožující existenci lidstva, které se blíží definici GCR. Co však úzce souvisí s mikroorganismy, je hrozba globálního rozšíření antibiotické rezistence běžných bakterií. Ta může způsobit tzv. „past lékařské chudoby“, kdy horizontální přenos rezistence z jednoho bakteriálního druhu na další cyklicky zesiluje impakt, který může dosáhnout katastrofických hodnot (Ahmad, Khan 2019, 313–316).

Sporné je rovněž hodnotit rizika vyvolaná patogenními mikroorganismy na základě propočtu úmrtnosti na infekci (Infection Fatality Rate, IFR), propočtu podílu usmrčených k infikovaným (Case Fatality Rate, CRF) či odhadu letality dané infekce (Crude Mortality Rate, CMR). Tyto parametry nejsou přímým měřítkem rizika (úmrtnosti) vzhledem k omezenému testování, časovým prodlevám mezi diagnózou a úmrtím a také vzhledem k tomu, že se riziko liší v různých demografických skupinách a daném kontextu

hodnocení rizika (Mathieu, Hannah, Rodés-Guirao 2020). Luke Muelhauser, analytik Open Philanthropy Project, sestavil seznam nejhorších katastrofických událostí během historické epochy lidstva definovaných jako zabít přibližně 1 % nebo více lidské populace existující v té době během 30 let trvání katastrofické události. Ze 14 takto definovaných událostí byly pouze tři katastrofy vyvolány biologickými faktory, ostatní události byly více či méně antropogenního původu. Jednalo se o pandemii moru vyvolanou bakterií *Yersinia pestis* v letech 541 až 544 našeho letopočtu, další pandemii moru označovanou jako „černá smrt“, která probíhala v letech 1347 až 1480, a pandemii tzv. španělské chřipky (způsobené virem chřipky typ A/H1N1), která způsobila podle různých údajů 20 až 100 milionů mrtvých (Lewis 2020). Pakliže použijeme kritérium jednoho procenta obětí infekce z celkové světové populace za limit k uznání rizika za GCBR, pak ani pandemie covidu-19 nelze mezi GC(B)R zařadit. Světová zdravotnická organizace totiž v roce 2022 uvádí odhad 14,83 milionu úmrtí na covid-19 (Msemburi, Karlinsky, Knutson et al. 2023, 130–137), což při současné světové populaci přibližně 8,5 miliardy lidí představuje něco málo přes 17 setin procenta.

Reálným plíživým biologickým rizikem, které může dosáhnout impaktu GCBR, je však úbytek biodiverzity a zhroutení ekosystémů. Je to jedno z největších současných rizik, protože biodiverzita ekosystémů je předpokladem udržení potravních řetězců. Biodiverzita je tak základním předpokladem pro funkci ekosystémů a ekosystémových služeb, které lidstvo využívá ve prospěch své ekonomiky umožňující soudržnost lidského společenství. Rovněž při riziku ztráty biodiverzity je těžké určit všechny vlivy, které se na tomto fenoménu podílejí. Riziko zhroutení ekosystémů z důvodu úbytku biodiverzity je vyvoláno jak lidskou činností, tak abiotickými faktory (např. změnou klimatu), které ovšem mohou být z části rovněž ovlivněny antropogenními faktory.

Ještě je nutné zmínit abiotická rizika, která, byť s jistým omezením, stále existují. Nedá se říci, že když vývoj biologického druhu *Homo sapiens* trval až 300 000 let a tento biologický druh dokázal přežít všechna abiotická rizika, která se vyskytla v průběhu jeho existence na planetě Zemi, znamená to, že přirozená abiotická rizika neohrožují existenci lidstva (Lewis 2020). Pravděpodobnost realizace přirozených abiotických GCR je v historickém náhledu sice velice malá, ale s významným impaktem. Biologická GCR, zvláště pak GCR podmíněná účastí antropogenních faktorů, mohou tvořit významný podíl všech GCR, v obecné rovině však mají menší impakt než GCR abiotická.

ZÁVĚR

Smyslem tohoto textu je upozornit na existenci globálních katastrofických rizik, která mohou podstatným způsobem zasáhnout do existence lidské populace na planetě Zemi. Podle názoru autorů by měla být GCR součástí diskusí o biologické bezpečnosti a biologické obraně. Z výše uvedeného vyplývá, že největším rizikem pro existenci člověka je člověk sám. Dokonce existují názory, že korekce lidské populace je nevyhnutelná. Z tohoto pohledu je problematika GCBR jednou z nejdůležitějších výzev, kterým lidstvo čelí, vzhledem k tomu, že takové katastrofy s největší pravděpodobností vzniknou. GCBR by proto měla být studována z hlediska možných iniciačních faktorů, pravděpodobnosti

realizace a velikosti impaktu na lidskou globální civilizaci. I kdyby realizace jistého GCR umožnila přežití lidstva, takové přežití není zárukou, že by se lidská civilizace vrátila do předkrizové situace. Vždyť i „postcovidová“ ekonomika se stále vzpamatovává z realizovaného rizika jen vzdáleně připomínajícího GCBR. Mnoho odborníků, kteří se touto problematikou zabývají, odhaduje, že celková šance na vyhynutí lidstva v příštím století je mezi 1 a 20 % (Todd 2022).

Z tohoto důvodu autoři tohoto textu doporučují věnovat problematice GCR pozornost při analýzách biologické bezpečnosti a při řešení otázek krizového řízení a celkové odolnosti státu vůči rizikům, která přesahují rámec běžných hrozeb. Podle současných názorů je rozpracování teorií GCBR důležitým cílem výzkumu v rámci bezpečnostních studií ve 21. století; ty by měly integrovat znalosti a zkušenosti z příslušných oborů, myšlenkovou flexibilitu, všestranný náhled a kriticky informované reakce na GCBR (Kambouris 2023, 153–170). Studie, které již byly vytvořeny a jsou zde citovány, tak dokumentují stále roztržštěnější globální náhled na svět a na eskalující geopolitické, environmentální, společenské a technologické výzvy, které skutečně mohou přerůst v GCR či GCBR a ohrozit tak jak stabilitu a pokrok současné globalizované civilizace, tak samotnou existenci lidstva.

Zcela na závěr je třeba ještě poznamenat, že kolaps civilizace způsobený realizovaným GCR neznamena konec. Z tohoto důvodu lze citovat dr. Miroslava Bártu, který uvádí, že: „Pokud přijmeme kolaps jako fakt, smíříme se s tím, že kolapsy jsou součástí přirozeného běhu věcí a de facto nezbytnou etapou procesu vedoucího k „zmrtvýchvstání“, třeba se nám povede s tím něco udělat. I kolaps se dá přežít. Tak proč ne my v této době, která je skutečně svým děním a duchem tak unikátní a inspirativní? Možná právě nyní čelíme výzvám, které, pokud je vyřešíme, posunou lidstvo na novou, kvalitativně vyšší úroveň.“ (Tureček, Bárta 2013, 132).

Tato publikace vznikla za přispění finanční podpory DZRO ZHN II.

Autoři prohlašují, že nejsou ve střetu zájmů v souvislosti s publikováním tohoto článku a při jeho přípravě akceptovali všechny etické normy požadované vydavatelem.

SEZNAM ZDROJŮ

Ahmad, Mohammad, Asad U. Khan. 2019. *Global economic impact of antibiotic resistance: A review*. J Glob Antimicrob Resist: 19:313-316. doi: 10.1016/j.jgar.2019.05.024.

Arrhenius, Svante. 1908. *Worlds in the making*. New York, London, Harper: Book digitized by Google from the library of the University of Michigan and uploaded to the internet Archive by user tpb., pp 252.

Bakker, Robert T. 1986. *The dinosaur heresies*. Citadel Press: pp 481. ISBN 0-8217-5608-7.

Barbeschi Maurizio. 2017. *A Global Catastrophic Biological Risk Is Not Just About Biology*. Health Secur: 15(4):349-350. doi: 10.1089/hs.2017.0058. Epub 2017 Jul 24. PMID: 28737948; PMCID: PMC5576194.

- Baum, Seth D. 2023. *Assessing natural global catastrophic risks*. Natural Hazards: 115 (3): 2699–2719. Bibcode:2023NatHa.115.2699B. doi:10.1007/s11069-022-05660-w. PMC 9553633. PMID 36245947.
- Blong, Russell. 2021. *Four global catastrophic risks – personal view*. Frontiers in Earth Science: 1-17. doi: 10.3389/feart.2021.740695.
- Bond, David P.G., Wignall, Paul B. 2014. *Volcanism, Impacts, and Mass Extinctions: Causes and Effects*. (Online) Geological Society of America: ISBN 9780813725055. doi:10.1130/2014.2505(02).
- Bostrom, Nick, Milan Cirkovic. 2008. *Global Catastrophic Risks*. Oxford: Oxford University Press: p. 1. ISBN 978-0-19-857050-9.
- Bostrom, Nick. 2009. *Astronomical Waste: The opportunity cost of delayed technological development*. Utilitas: 15 (3): 308–314. CiteSeerX 10.1.1.429.2849. doi:10.1017/s095382080000407617.
- Bostrom, Nick. 2013. *Existential Risk Prevention as Global Priority*. (PDF) Global Policy: 4 (1): 15–3. doi:10.1111/1758-5899.12002.
- Bradbury, Ray. 2001. *451 stupňů Fahrenheita*. Baronet, Praha: 159.
- Brusatte, Stephen, L., Richard J. Butler, Paul M. Barrett, et al. 2015. *The extinction of the dinosaurs*. Biol Rev Camb Philos Soc: 90(2):628-42. doi: 10.1111/brv.12128. Epub 2014 Jul 28. PMID: 25065505.
- Caplan Bryan. 2008. *The totalitarian threat*. Global Catastrophic Risks. Eds. Bostrom & Cirkovic (Oxford University Press): 504–519. ISBN 9780198570509.
- Cdc.gov. 2024. *Smallpox vaccine*. <https://www.cdc.gov/smallpox/vaccines/index.html>.
- Clark Simon. 2008. *Noc trifidů*. Polaris, Frenštát pod Radhoštěm:344.
- Cohn, Samuel K. Jr. 2008. *Epidemiology of the Black Death and successive waves of plague*. Med Hist Suppl: (27):74-100. PMID: 18575083; PMCID: PMC2630035.
- Cotton-Barratt, Owen, Toby Ord. 2015. *Existential risk and existential hope: Definitions*. (PDF) Future of Humanity Institute – Technical Report: 1, pp. 1–4.
- Čapek, Karel. 2023. *Válka s mloky*. Akcent, Třebíč:296.
- Čech, František Ringo. 2015. *Generace Beatles aneb cestou do krematoria*. Ikar, Praha: 315; ISBN 978-80-249-2910-1.
- Darwin, Charles. 1859. *The Origin of Species by Means of Natural Selection*. J. Murray, Albemarle street, London.
- Diaz-Flores Ernesto, Tim Meyer, Alexis Giorkallos. 2021. *Evolution of Artificial Intelligence-Powered Technologies in Biomedical Research and Healthcare*. Adv Biochem Eng Biotechnol: 182:23-60. doi: 10.1007/10_2021_189.
- Dirzo Rodolfo, Gerardo Ceballos, Paul R. Ehrlich. 2022. *Circling the drain: the extinction crisis and the future of humanity*. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci: 377(1857):20210378. doi: 10.1098/rstb.2021.0655.
- Drabon, Nadja, Andrew H. Knoll, Donald R. Lowe, et al. 2024. *Effect of a giant meteorite impact on Paleoproterozoic surface environments and life*. Proc Natl Acad Sci U S

A.: 121(44): e2408721121. doi: 10.1073/pnas.2408721121. Epub 2024 Oct 21. PMID: 39432780; PMCID: PMC11536127.

EU. 2025. *Akt EU o umělé inteligenci: první nařízení o umělé inteligenci*. <https://www.europarl.europa.eu/topics/cs/article/20230601STO93804/akt-eu-o-umele-inteligenci-prvni-narizeni-o-ai-na-svete>. Zveřejněno: 14-06-2023, poslední aktualizace: 20-02-2025 - 14:20.

Glansdorff, Nicolas. 2000. *About the last common ancestor, the universal life-tree and lateral gene transfer: a reappraisal*. Mol Microbiol: 38(2):177-85. doi: 10.1046/j.1365-2958.2000.02126.x. PMID: 11069646.

Golding, William, 2010. *Pán much*. Naše vojsko, Praha:256.

Holzinger, Andreas, Katharina Keiblinger, Petr Holub, et al. 2023. *AI for life: Trends in artificial intelligence for biotechnology*. N Biotechnol: 74:16-24. doi: 10.1016/j.nbt.2023.02.001.

Jablonski David. 2001. *Lessons from the past: evolutionary impacts of mass extinctions*. Proc Natl Acad Sci U S A: 98(10):5393-8. doi: 10.1073/pnas.101092598.

Kambouris Manousos E. 2023. *Global Catastrophic Biological Risks in the Post-COVID-19 World: Time to Act Is Now*. OMICS: 27(4):153-170. doi: 10.1089/omi.2022.0178.

Lawton, John H., Robert M. May. 1995. *Extinction Rates*. (s.l.): Oxford University Press: 246 s. <https://www.urn:lcp:extinctionrates00lawt:epub:db1807aa-a073-45b8-8923-17819518fae0>.

Lewis Gregory. 2020. *Reducing global catastrophic biological risks, 80.000 hours*. Published online at <https://80000hours.org/problem-profiles/preventing-catastrophic-pandemics/full-report/>.

MacDougall Mark J., Neil Brocklehurst, Jörg Fröbisch. 2019. *Species richness and disparity of parareptiles across the end-Permian mass extinction*. Proc Biol Sci: 286(1899):20182572. doi: 10.1098/rspb.2018.2572.

Mani Lara, Asaf Tzachor, Paul Cole. 2021. *Global catastrophic risk from lower magnitude volcanic eruptions*. Nat Commun: 12(1):4756. doi: 10.1038/s41467-021-25021-8. PMID: 34362902; PMCID: PMC8346556.

Mann Uday, Benjamin Shiff, Premal Patel. 2020. *Reasons for worldwide decline in male fertility*. Curr Opin Urol: 30(3):296-301. doi: 10.1097/MOU.0000000000000745. PMID: 32168194.

Mathieu, Edouard, Ritchie Hannah, Lucas Rodés-Guirao, et al., 2020. *Mortality Risk of COVID-19*. Published online at OurWorldinData.org. Retrieved from: <https://ourworldin-data.org/mortality-risk-covid> (Online Resource).

Mejsnar Jiří A. 2013. *Mýtus evolve*. Galén, Praha: pp. 120. ISBN: 978-80-7262-973-2.

Melott, Adrian L., Richard K. Bambach. 2012. *Analysis of periodicity of extinction using the 2012 geological timescale*. Paleobiology: 40/ 02: 177–196. doi: 10.1666/13047.

Meyer, Hermann, Rosina Ehmann, Geoffrey L. Smith. 2020. *Smallpox in the Post-Eradication Era*. Viruses: 12(2):138. doi: 10.3390/v12020138. PMID: 31991671; PMCID: PMC7077202.

Moodie, Roy L. 1926. *Studies in Paleopathology (Second Series, II): Excess Callus Following Fracture of the Fore Foot in a Cretaceous Dinosaur*. Ann Med Hist: 8(1):73-77. PMID: 33944479.

Msemburi, William, Ariel Karlinsky, Victoria Knutson, et al. 2023. *The WHO estimates of excess mortality associated with the COVID-19 pandemic*. Nature: 613, 130–137. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05522-2>.

Newman M. E. J. 1997. *A Model of Mass Extinction*. Journal of Theoretical Biology: vol. 189, no. 3, pp. 235–252.

Ord Toby. 2020. *The precipice: Existential risk and the future of humanity*. New York: Hachette Books: ISBN 0316484911, 9780316484916.

Orwell George. 2014. *Devatenáct set osmdesát čtyři*. Argo, Praha:315.

Papale Paolo, Warner Marzocchi. 2019. *Volcanic threats to global society*. Science: 363(6433):1275-1276. doi: 10.1126/science. aaw7201. PMID: 30898915.

Patočka, Jan. 1992. *Přirozený svět jako filozofický problem*. 1. vyd. Praha: Československý spisovatel: s. 142; ISBN: 80-202-0365-6.

Pfenning, Andreas R. 2024. *AI-designed DNA sequences regulate cell-type-specific gene expression*. Nature: 634(8036):1059-1061. doi: 10.1038/d41586-024-03170-2. PMID: 39443764.

Posner, Richard A. 2006. *Catastrophe: Risk and Response*. Oxford: Oxford University Press: ISBN 978-0195306477, in Introduction, "What is Catastrophe?"

Prafulla, C. Tiwari, Rishi Pal, Manju J. Chaudhary, Rajendra Nath. 2023. *Artificial Intelligence revolutionizing drug development: Exploring opportunities and challenges*. Drug Development Research: 84(8): 1652-1663. doi: 10.1002/ddr.22115

Rampino, Michael, R., Ken Caldeira, Yuhong Zhu. 2021. *A 27.5-My underlying periodicity detected in extinction episodes of non-marine tetrapods*. Historical Biology: 33/11: 3084-3090. doi: 10.1080/08912963.2020.1849178.

Rampino, Michael R. 2002. *Supereruptions as a threat to civilizations on earth-like planets*. Icarus: 156, 562–569. <https://doi.org/10.1006/icar.2001.6808>.

Raoult, Didier, Nadjet Mouffok, Idir Bitam, et al. 2013. *Plague: history and contemporary analysis*. J Infect: 66(1):18-26. doi: 10.1016/j.jinf.2012.09.010. Epub 2012 Oct 3. PMID: 23041039.

Raup, David M., Sepkoski, Josef J. Jr. 1984. „Periodicity of extinctions in the geologic past”. *Proc Natl Acad Sci U S A*: 81(3):801-5. doi: 10.1073/pnas.81.3.801. PMID: 6583680; PMCID: PMC344925.

Rosa, Tomáš. 2024. *Obří asteroid kdysi při dopadu na Zemi roztrhl mořské dno. Pomohl vzniku života*. deník.cz: <https://www.denik.cz/vesmir/asteroid-s2-zeme-zivot-harvard.html>. 23. 10. 2024.

Scouras, James. 2019. *Nuclear War as a Global Catastrophic Risk*. Journal of Benefit-Cost Analysis: 10 (2): 274–295. doi:10.1017/bca.2019.16.

Schoene, Blair, Kile M. Samperton, Michael P. Eddy, et al. 2015. *Earth history. U-Pb geochronology of the Deccan Traps and relation to the end-Cretaceous mass extinction*.

Science: 347(6218):182-4. doi: 10.1126/science.aaa0118. Epub 2014 Dec 11. PMID: 25502315.

Schoch-Spana Monica, Anita Cicero, Amesh Adalja, et al. 2017. *Global Catastrophic Biological Risks: Toward a Working Definition*. Health Secur: 15(4):323-328. doi: 10.1089/hs.2017.0038. Epub 2017 Jul 26. PMID: 28745924; PMCID: PMC5576209.

Spelda Petr, Stritecky Vit. 2021. "Human Induction in Machine Learning: A Survey of the Nexus". *ACM Comput. Surv.*: 54(3): 1-18. doi: 10.1145/3444691.

Spelda Petr, Stritecky Vit. 2025. "Security practices in AI development". *AI & Soc.* doi: 10.1007/s00146-025-02247-4.

Spyrou, Maria A., Lyazzat Musralina, Guido A. Gneccchi Ruscone, et al. 2022. *The source of the Black Death in fourteenth-century central Eurasia*. Nature: 606(7915):718-724. doi: 10.1038/s41586-022-04800-3. Epub 2022 Jun 15. PMID: 35705810; PMCID: PMC9217749.

Tiwari, Prafulla, C., Rishi Pal, Manju J. Chaudhary, Rajendra Nath, 2023. *Artificial intelligence revolutionizing drug development: Exploring opportunities and challenges*. Drug Dev Res: 4(8):1652-1663. doi: 10.1002/ddr.22115.

Todd Benjamin, 2022. *The for reducing existential risks*. <https://80000hours.org/articles/existential-risks/>. First published October 2017.

Topinka, Joseph B., Daniel P. Molnar, Brandon I. Gardner, et al. 2015. *The Great Influenza: The Epic Story of the Deadliest Plague in History*. J Leg Med: 36(3-4):459-465. doi: 10.1080/01947648.2015.1262197. PMID: 28256945.

Topol, Eric J. 2019. *High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence*. Nat Med: 25(1):44-56. doi: 10.1038/s41591-018-0300-7.

Tureček, Tomáš, Miroslav Bárta. 2013. *Kolaps neznamená konec*. Vyšehrad, Praha: ISBN 978-80-7429-392-4.

Velázquez, Lourdes G. 2021. *New Challenges for Ethics: The Social Impact of Post-humanism, Robots, and Artificial Intelligence*. J Healthc Eng: 2021:5593467. doi: 10.1155/2021/5593467.

Wikipedia. 2021. *Abiotický faktor*. https://cs.wikipedia.org/wiki/Abiotický_faktor

Worldometers. 2024. *Worldometers*. <https://www.worldometers.info/world-population/world-population-by-year/>.

Yirka, Bob. 2023. *Population ecologist warns that humanity is on the verge of massive population correction*. <https://phys.org/news/2023-08-population-ecologist-humanity-verge-massive.html>.